
[redacted]
DE
SEVILLA
EX-LIBRIS:

GUIA

DE

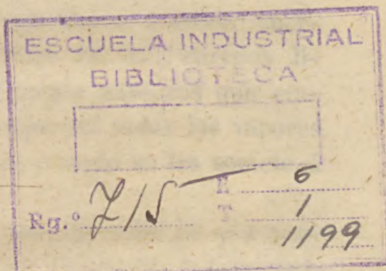
MECÁNICA PRÁCTICA

PARA USO ESCLUSIVO DE LOS OBREROS Y APRENDICES

DE LA FUNDICION DE ARTILLERÍA DE SEVILLA,

IMPRESA POR ÓRDEN SUPERIOR

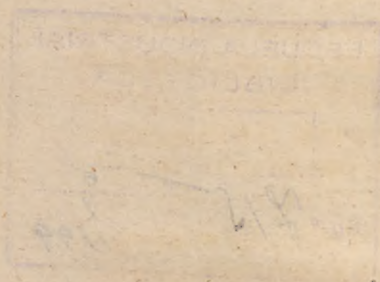
DEL SEÑOR DIRECTOR DE DICHO ESTABLECIMIENTO.



MADRID:

IMPRENTA DE RIOS.

1860.



MECÁNICA.

CAPITULO I.—LECCION 1.ª

Definiciones.

Los cuerpos se subdividen en tres clases, á saber: cuerpos sólidos como las piedras, metales &c. &c., cuerpos líquidos, el agua, las bebidas, y cuerpos gaseosos que emprenden el aire, el oxígeno y en general tódos los vapores que se desprenden de los líquidos, cuando se les somete á la accion del calor.

La tierra ejerce sobre los cuerpos colocados en su superficie, una fuerza de atraccion que se llama peso ó gravedad, y es por lo que, en virtud de dicha fuerza, todos ellos, cuando se les abandona así mismos en el espacio caen en línea vertical.

Las moléculas ó partículas infinitamente pequeñas, que por su agregacion forman un cuerpo, constituyen la masa de él ó sea la cantidad de materia que contienen: su volúmen es el espacio que ocupan.

En algunos cuerpos la masa es constante, mientras que el volúmen es variable, tal sucede con la goma elástica que

puede, por la compresion, recibir diferentes formas sin que por ello varie de volúmen.

Se dice que un cuerpo se halla en equilibrio, cuando el esfuerzo que se se emplea para impedir su caida es igual á su peso.

El peso de un cuerpo se obtiene multiplicando su masa por su gravedad g ó bien por 9,m81 valor de la velocidad adquirida en su caida, despues del primer segundo de tiempo. Si suponemos que sea M=3 la masa de un cuerpo, el peso P será=3×9,m81=29,k43.

Para hallar la masa de un cuerpo no hay mas que dividir su peso por g. Por ejemplo: á un cuerpo de peso P= 29,k43 le corresponderá una masa $M=\frac{29,k43}{9,m81}=3$

Llámase fuerza la que se emplea en poner un cuerpo en movimiento si está en reposo, ó en pararlo si está en movimiento: potencia, la fuerza que produce ó favorece el movimiento; resistencia la que tiende á impedirlo ó retardarlo; y fuerza motriz ó motor la que mueve el cuerpo.

En toda máquina la potencia, por regla general, ha de poder vencer las resistencias directas y las indirectas tales como los choques, los rozamientos &c., por lo que siempre se debe emplear una fuerza motriz mayor, que la absolutamente precisa para vencer la resistencia directa.

Sea cual fuere la fuerza que se considera, se puede espresar por kilógramos, puesto que por medio de pesos se mide la resistencia que estos equilibran. Asi es que si hay necesidad de aplicar á la estremidad de una cuerda arrollada en una polea, un peso de 15 kilógramos para oponerse á la accion de una fuerza de presion ó traccion, se dirá que esta fuerza es de 15 kilógramos.

Debe pues considerarse en toda fuerza 1.º su punto de

aplicacion, esto es él sitio donde obra; 2.º su direccion y 3.º su intensidad. Si son varias fuerzas las que obran sobre un mismo cuerpo, toman el nombre de componentes y el efecto que todas ellas juntamente producen, resultante. Si obran en un mismo sentido y en línea recta, la resultante es igual á la suma de ellas. Si para arrastrar un peso se necesitan tres fuerzas componentes ejercidas en línea recta por tres hombres, de los cuales el 1.º hace un esfuerzo de 20,k., el 2.º de 25,k. y el 3.º de 28,k. la resultante será igual á 20+25+28=73,k.

Cuando las fuerzas obran en sentidos contrarios, la resultante es igual á la diferencia de ellas: un hombre emplea una fuerza de 35k. en remolcar una barca contra una corriente que opone una resistencia de 12k. la resultante será 35—12=23ks.

Siempre que un cuerpo se mueve por la accion que sobre él ejercen dos fuerzas, cuya direccion forma un ángulo dado, representadas fig. 1.ª por las líneas a b, a c, la diagonal del paralelógramo a b c d construido sobre las direcciones a b y a c representará la línea que seguirá el móvil y el tamaño é intensidad del impulso que recibe.

Este principio constituye la regla general siguiente: Si un móvil se halla solicitado por dos fuerzas ó está animado de dos velocidades, cuyas direcciones forman un ángulo dado, la línea que seguirá y fuerza impulsiva ó velocidad, estará representada por la diagonal del paralelógramo construido sobre las líneas que espresan la intensidad de dichas velocidades ó fuerzas. Dos hombres ó dos caballos colocados en las márgenes de un rio, remolcan un barco por medio de cuerdas fijas en este: Si el barco ha de seguir caminando por medio del canal ó rio, es preciso que las fuerzas sean iguales y la resultante ó fuerza activa será tanto mas ventajosa cuanto menor sea el ángulo que formen en-

tre sí las cuerdas, lo que equivale á decir que deben emplearse en tal caso cuerdas tan largas como posible sea.

Espacio, velocidad. La subdivision de las horas en minutos y segundos, proporciona el medir el tiempo que media entre dos instantes cualesquiera con la misma facilidad que se hace con las distancias.

Espacio se llama el camino recorrido en un tiempo cualquiera, y velocidad el que ha recorrido un cuerpo en un segundo y se espresa en metros.

Movimiento. Hay dos especies de movimiento, el uniforme y el variado; un cuerpo tiene movimiento uniforme, si recorre en tiempos iguales espacios iguales. Si por ejemplo un cuerpo recorre 5 metros en el primer segundo, 5 en el segundo segundo, y así sucesivamente, su movimiento será uniforme. Representando por E el espacio, por V la velocidad y por T el tiempo, la fórmula $E=V\times T$ indica, que el espacio es igual á la velocidad multiplicada por el tiempo.

Ejemplo. Siendo la velocidad de un cuerpo animado de movimiento uniforme, 3 metros, qué espacio recorrerá en 10 segundos?

$$E=3\times 10=30 \text{ metros.}$$

Por medio de dicha fórmula se obtiene la velocidad dado que sea el espacio y el tiempo. $V=\frac{E}{T}$ es decir, que la velocidad por segundo es igual al espacio dividido por el tiempo.

Ejemplo. Si fuese 30 metros el espacio recorrido en los 10 segundos, cual seria la velocidad?

$$V=\frac{30}{10}=30 \text{ metros.}$$

Los engranages de las máquinas, como la mayor parte de los movimientos de trasmision, gozan de movimiento uniforme.

Movimiento variado. Dícese que un cuerpo tiene movimiento uniformemente variado, si en tiempos iguales recorre espacios que aumentan ó disminuyen siempre una misma cantidad.

El espacio en esta clase de movimiento, es igual á la semi-suma de las velocidades estremas multiplicadas por el tiempo.

1.er Ejemplo. Que espacio habrá recorrido un móvil cuya velocidad al principio de su movimiento es de 2 metros y al cabo de 4 segundos de 6 metros.

$$E=\frac{2+6}{2}\times 4''=16 \text{ metros.}$$

2.º Ejemplo. Si en el primer momento posée un móvil una velocidad de 6 metros y en el último solo de 2 metros, cuál será el espacio que habrá recorrido al cabo de 4 segundos?

$$E=\frac{6+2}{2}\times 4''=16 \text{ metros.}$$

Por estos dos ejemplos se viene en conocimiento de que á igualdad de circunstancias el espacio recorrido es el mismo, ya sea el movimiento uniformemente retardado ó acelerado.

En el movimiento uniformemente acelerado, la velocidad al cabo de cierto tiempo, es igual á la primitiva, mas el producto del tiempo espresado en segundos por el aumento de velocidad por segundo.

1.er Ejemplo. Qué velocidad será la que tendrá un cuer-

po al cabo de 8 segundos, suponiendo que la primitiva era 1 y admitiendo que aumenta 3 metros por segundo.

$$V=1+(8\times3)=25 \text{ metros.}$$

La velocidad que debe tener un cuerpo al cabo de cierto tiempo en el movimiento uniformemente retardado, es igual á la que tiene en el punto de partida, menos el producto del tiempo en segundos, por la disminucion que padece en cada uno de ellos.

Ejemplo. Un cuerpo empieza á marchar con una velocidad de 22 metros por segundo y luego disminuye sucesivamente 2 metros por segundo. ¿Cuál será su velocidad al cabo de 10 segundos?

$$V=22-2\times10=2 \text{ metros.}$$

LECCION 2.ª

Caida de los cuerpos.

Cuando un cuerpo cae por su propio peso, la velocidad que adquiere es proporcional al tiempo que emplea en su caida y el espacio que recorre es como el cuadrado del mismo tiempo.

Por la esperiencia se sabe que un cuerpo que, estando en reposo cae libremente, recorre un espacio de 4,m904 en el 1.er segundo y adquiere al cabo de este tiempo una velocidad de 9,m808. Segun esto si los tiempos de observacion son 1, 2, 3, 4 segundos.

Las velocidades en metros serán.	9,m808	19,m6	29,m4	39,m2

Los espacios recorridos
al fin de cada tiempo. 4,m9 . 19,m6 . 44,m1 . 78,m4
Los espacios recorridos
en cada tiempo. . . . 4,m9 . 14,m7 . 24,m5 . 34,m3
Esta tabla demuestra que si los tiempos están en razon de
los números. . . . . 1 . 2 . 3 . 4 &c.
Las velocidades serán tambien
como. . . . . 1 . 2 . 3 . 4.
Los espacios recorridos como
los cuadrados ó sea. . . . . . . 1 . 4 . 9 . 16
Y los espacios en cada tiempo
como los números impares. . . . 1 . 3 . 5 . 7.

Estos principios se aplican á todos los cuerpos, cualquiera que sea su peso, pues la gravedad obra uniformemente sobre ellos, especialmente si su caida se verifica en un espacio vacío, es decir, privado de aire.

La velocidad que un cuerpo adquiere en un tiempo dado al caer libremente, se determina multiplicando el tiempo, espresado en segundos por 9^m81.

Ejemplo.—Se quiere averiguar la velocidad adquirida por un cuerpo al cabo de 12 segundos. $V=12\times9{,}81=117{,}^m72$.

Cuando un cuerpo cae de una altura H, la velocidad que tendrá al terminar su caida, se obtiene por la fórmula $V=\sqrt{2gH}=\sqrt{19{,}62\times H}$. y de ella se saca la siguiente regla. Multiplíquese la altura dada en metros, por 19,62 y la raiz cuadrada del producto, espresará la velocidad en metros y por segundo de tiempo, al cabo de su caida.

Ejemplo: Qué velocidad habrá adquirido un cuerpo á los 65 metros de su caida. $V=\sqrt{19{,}62\times65}=357$.

De la fórmula $V=\sqrt{2gH}$ se deduce . $V^2=2gH$. y $H=\frac{V^2}{2g}$ ó bien $H=\frac{V^2}{19{,}62}$; y de aquí la regla que dice;

Que dividiendo el cuadrado de la velocidad por 19,ᵐ62, el cuociente dará la altura de la que el cuerpo ha caido.

Ejemplo: Un cuerpo que posée una velocidad de 35,ᵐ7 de qué altura habrá caido para adquirirla? $H = \frac{(35,^m7)^2}{19,^m62} = 65^m.$

LECCION 3.ª

Del trabajo mecánico.

Por trabajar se entiende vencer durante cierto tiempo, resistencias que sin cesar se renuevan y asi se llama trabajo á la accion de limar, cepillar, aserrar &c. &c.

El trabajo mecánico resulta de la accion simple de una fuerza contra una resistencia, que le es directamente opuesta, y que va gradualmente destruyendo, haciendo que el punto de aplicacion de dicha resistencia, sin variar de direccion, recorra cierto espacio.

Segun esta definicion, el trabajo mecánico de cualquier motor es el producto de dos cantidades, una, el esfuerzo ó presion que se ejerce y otra el camino que recorre ó la velocidad, aumentando el trabajo con ellas. Si por ejemplo la presion ejercida es de 4^k con una velocidad de $1,^m$ el trabajo que resulte será $4 \times 1 = 4$: Si la velocidad es doble será $4 \times 2 = 8$ y si siendo doble la velocidad ó sean $2,^m$ la presion es de 8^k el trabajo, resultará $8 \times 2 = 16$.

Se ha adoptado por unidad de trabajo el kilógramo elevado á un metro de altura ó sea el kilográmetro, que se escribe km. Así es que cuando el esfuerzo ejercido es de

20^k y el espacio recorrido por el punto de aplicacion es de $2,^m$ el trabajo se espresará por 40 km. ó sea 40 k^s elevados á un metro de altura.

El trabajo ó efecto útil de los motores y máquinas de cualquier especie que sean, se refiere á dicha unidad, teniendo ademas en cuenta el tiempo, circunstancia muy importante para la comparacion de la potencia de los motores. En efecto, podrá decirse hablando de una máquina, que produce tantos kilográmetros de efecto útil en un tiempo dado. Así de un caballo por ejemplo, se dirá que produce tantos km. en el mismo tiempo, y de un hombre que produce tantos km. en el mismo tiempo.

Para los motores muy poderosos se ha fijado como unidad de trabajo, una mayor que la precedente, pero que se deriva de ella: se llama Caballo vapor y equivale á 75.km por segundo. Así sabiendo que la potencia de un motor es de 720.km; dividiendo por 75 el cuociente $9^{cv},6$ espresará la fuerza de dicho motor.

Trabajo máximo de los motores. Los motores que generalmente emplea la industria son: los hombres, los animales, el vapor y el agua. Estos dos últimos están únicamente sometidos á leyes físicas, pero no sucede lo mismo respecto á los hombres y animales, que naturalmente se cansan al cabo de cierto tiempo, y necesitan reponer sus fuerzas.

El trabajo mecánico de los hombres y animales, ó sea el trabajo diario que pueden producir, se valúa por el esfuerzo ejercido, multiplicado por la velocidad y el tiempo durante el cual puede sostenerse. Pero existe una fuerza, una velocidad y un tiempo determinado, que dan el mayor valor posible al trabajo de los motores animados, que tiene el nombre de trabajo máximo, y que se reasume en la siguiente tabla: considerando:

	Esfuerzo.	Velocidad por segundo.	Trabajo ~~al dia~~ por 1''	Duracion.	Total trabajo al dia.
Un peon obrando sobre una rueda ó tambor á la altura del eje. .	60 k	0,15	9 km	8 h	259,200 km
Un peon en una manivela	8	0,75	6	8	172,800
Id. obrando en la parte inferior del eje ó sea á los 24° de una rueda	12	0,70	8,40	8	241,980
Id. empujando y tirando horizontalmente.	12	0,60	7,00	8	207,360
Id. en sentido vertical.	5	1,10	5,50	8	158,400
Un caballo al paso dando vueltas.	45	0,90	40,50	8	1166,400
Un buey id. id.. . . .	65	0,60	39,00	8	1123,200
Un caballo enganchado á un carro comun al paso	70	0.90	63,00	10	1268,00

De aquí se deduce que un peon obrando sobre una manivela hace que la estremidad de esta recorra un camino de $0,^{m}75$ por segundo, ó bien $60\times0,75=45$ metros por segundo. Suponiendo que la manivela tenga $0,^{m}35$ de rádio, que corresponde á una circunferencia de $6,28\times0,35=2^{m}159$, el hombre es capaz de producir un velocidad de $\frac{45^{m}}{2,199}=21$ vueltas próximamente por minuto. Debe tenerse siempre presente, que lo que se quiere ganar en fuerza se pierde en velocidad y recíprocamente.

Inercia. Cuando un cuerpo, ya esté quieto, ya en movimiento, tiende á permanecer en dicho estado, mientras no haya una causa que lo impida, la fuerza que se opone al cambio de dichos estados, es una resistencia que se llama inercia. Esta fuerza inherente á la materia, se revela en la

resistencia que, por ejemplo, esperimenta un caballo en el primer momento al arrastrar un peso, resistencia que facilmente vence una vez empezado el movimiento. Así mismo la fuerza de inercia es la que hace que el carro ó carga, al parar su marcha el caballo, conserve cierto empuje que impide cese el movimiento repentinamente.

El trabajo necésario para vencer la inercia crece como el cuadrado de la velocidad impresa á la carga y se espresa por la fórmula $Y = \frac{mv^2}{2}$ ó bien $Y = \frac{p \times v^2}{2 \times 9,^m81}$ porque se sabe que $m = \frac{p}{g}$ y que $g = 9,^m81$.

Ejemplo. Suponiendo que un carro se halla cargado con 6,000 $^{k.}$ y animado de una velocidad de 3. ^{m} por segundo, qué resistencia opondrá á pararse en virtud de la fuerza de inercia

$$S = \frac{6000 \times 9}{2 \times 9,81} = 2752^{\text{ km}}$$

Cantidad de movimiento. El esfuerzo que un cuerpo en movimiento puede ejercer sobre otro que se halla en reposo, equivale á el producto de la masa del móvil por su velocidad, y es lo que se llama cantidad de movimiento. Si un cuerpo de masa m no tiene una velocidad V su cantidad de movimiento se espresará por mv ó bien por $\frac{p \times v}{g}$ por ser $m = \frac{p}{g}$.

Se distingue la cantidad de movimiento de la de trabajo de los motores, en que en el trabajo mecánico es el es-

fuerzo del motor el que se considera, mientras que en la cantidad de accion es la masa.

Fuerza viva. Cuando una fuerza motriz imprime á un cuerpo cierta velocidad, el resultado de su accion se llama fuerza viva, y es, numéricamente hablando, el producto de la masa del cuerpo por el cuadrado de la velocidad que se le imprime. Representando m la masa del cuerpo y v la velocidad, $mv^2 = \frac{pv^2}{g}$ será la espresion de su fuerza viva y es el doble del trabajo desarrollado por la gravedad. En efecto: cuando un cuerpo cuyo peso es P cae de una altura H tendrá al llegar al punto mas bajo de su caida una velocidad V que se ha visto ser igual á $\sqrt{2gH}$. De aquí resulta que $H = \frac{V^2}{2g}$ y como el trabajo PH de la gravedad se espresa por $\frac{PV^2}{2g}$ si se reemplaza P por su equivalente Mg, la fórmula será $\frac{MV^2}{2g}$ esto es, que el trabajo mecánico desarrollado por la gravedad es igual á la mitad de la fuerza viva.

Fuerzas centrales. Todo cuerpo que gira libremente al rededor de un eje, se halla sometido á dos fuerzas; una llamada *centrípeta*, que tiende á tirar ó atraer el cuerpo hacia el eje, y otra llamada *centrífuga*, que al contrario tiende á alejarlo de él. Estas dos fuerzas obran pues en sentido contrario.

La fuerza centrífuga que tiende á desunir las partes del cuerpo, se representará por $F = \frac{PV^2}{g \times R}$ en que P es el

peso, V la velocidad en metros por segundo, y R el rádio ó distancia desde el centro del cuerpo al del movimiento.

EJEMPLO. Si una bola de peso P = 10 k colocada á la estremidad de un rádio de 1,m50, se halla animada de una velocidad de rotacion de 12 metros por segundo, cuál será el esfuerzo centrífugo?

$$F = \frac{10^{k} \times 12^{m} \times 12^{m}}{9,81 \times 1,50} = 97,^{k}88.$$

CENTROS DE GRAVEDAD. Se sabe ya que todo cuerpo está sometido á las leyes de la gravedad: esta es una fuerza que atrae todos los cuerpos hacia el centro de la tierra, y la que la contraresta ó equilibra es el piso.

Como los cuerpos se hallan colocados á una considerable distancia del centro del globo terrestre, se ha establecido que se considere la gravedad como obrando paralelamente en todos, y que su direccion sea la que marca una plomada.

El centro de gravedad de un cuerpo es un punto capaz por sí solo de mantenerlo en equilibrio: varía de posicion segun la naturaleza y forma del cuerpo, y se puede determinar fácilmente del modo siguiente. (Fig. 3.)

Se suspende el cuerpo cuyo centro de gravedad se pretende hallar, por medio de un bramante ó cuerda segun su tamaño, y la direccion de él pasará por el centro de gravedad; varíese luego el punto de suspension y la nueva direccion de la cuerda cortará á la anterior en un punto que es el verdadero centro que se busca.

El centro de gravedad de los cuerpos regulares como esferas, cilindros, primas, &c., se halla en el centro de figura. El de un triángulo isosceles á un tercio de su altura contando desde la base; el de una pirámide en la recta que une el cúspide con el centro de gravedad de la base y á un

cuarto de su altura á partir de dicha base, lo mismo sucede con un cono; el de una semi-esfera homogénea á los tres octavos del rádio que vá á parar en el punto medio de su superficie convexa: en una elipse se halla el punto de interseccion de sus ejes.

Colocando en la base de un cilindro hecho de materia muy ligera una semi-esfera de plomo, se observa que cualquiera que sea la posicion que se le obligue á tomar, vuelve por sí solo á recuperar la vertical, y esto consiste en que el centro de gravedad del cilindro estando en el punto mas bajo posible, el cuerpo en virtud de su gravedad tiende constantemente á recuperar su equilibrio.

Para que la posicion de un cuerpo que se halla inmóvil sobre un plano inclinado ó vertical sea estable, es preciso que la vertical que pasa por su centro de gravedad pase tambien por la superficie de contacto del cuerpo con el plano sobre que insiste, ó por mejor decir, que caiga dentro del ámbito del apoyo ú apoyos, y de aquí nace la posibilidad de construir torres de mampostería con cierta inclinacion.

Cuanto mayor sea la base del cuerpo, mas estable será su posicion: así, un cono tendrá mas estabilidad que un cilindro de igual base, porque su centro de gravedad estará colocado mas bajo; los muros de construccion están consolidados por sus cimientos y mayor base que se les dá.

Cuando el cuerpo consta de partes movibles, puede cambiar la posicion del centro de gravedad. El hombre que marcha naturalmente y sin carga, tiene generalmente el centro de gravedad en el estómago. Si marcha con carga, en la espalda y por eso se vé que inclina el cuerpo hacia adelante para conservar el equilibrio.

A veces el centro de gravedad parece separarse de esta ley, como por ejemplo en los hombres que se tienen en

equilibrio sobre un caballo, una cuerda etc.; pero entonces tienen que hacer uso de sus brazos ó de un balancin ó bien toman las posiciones mas convenientes para conseguir que la vertical caiga dentro de la superficie de apoyo, pues por poco que se separe, su caida es inevitable.

La mayor ó menor estabilidad de los cuerpos depende de la posicion de su centro de gravedad. Cuando se carga un carro, por ejemplo, debe cuidarse de colocar primero los fardos mas pesados y encima de estos los que sean mas ligeros por acercar el centro de gravedad al suelo y evitar un vuelco. Asi se observa en las diligencias, que están espuestas á este percance, por que suelen llevar la carga mas pesada en lo alto, sucediendo entonces que la vertical sale fuera del apoyo que le dan las ruedas, al tomar una vuelta con cierta velocidad.

LECCION 4.ª

Máquinas simples.

Cuando se emplea una fuerza cualquiera, ya sea para aguantar pesos ó vencer cualquier resistencia, los medios auxiliares que se usan al efecto, se llaman potencias mecánicas ó máquinas simples.

Estas se reducen á seis: la palanca, el torno, la polea, el plano inclinado, la cuña y el tornillo: todas se hallan sometidas á ciertos principios ó reglas que pueden llamarse leyes fundamentales y son las siguientes:

1.ª Los momentos de la fuerza y resistencia, son iguales siempre que la máquina esté en equilibrio. Por momento se entiende el producto de una fuerza por el espacio que recorre su punto de aplicacion.

2.ª La resistencia está en razon inversa de la velocidad

y del espacio que recorre; esto es, que cuanto mayor sea la resistencia, menor es la velocidad y recíprocamente.

3.ª Una parte de la fuerza se emplea en vencer la inercia, los rozamientos y otras resistencias.

Solo examinaremos las ventajas que reporta el uso de las máquinas simples, ateniéndonos á la condicion de equilibrio y sin tomar para nada en cuenta, las pérdidas debidas á las diversas resistencias que exigen un aumento de fuerza para determinar el movimiento.

Palanca.

La palanca es una barra rígida, cuyos puntos pueden girar libremente al rededor de uno fijo, que se llama punto de apoyo.

En toda palanca ejerce su accion una potencia y una resistencia, y la distancia á que se encuentran del punto de apoyo se llama brazo de palanca.

En la figura 4.ª se vé Q O, es el punto de apoyo, P la potencia, A su brazo de palanca, R la resistencia, y C su brazo de palanca correspondiente.

Se distinguen tres clases de palancas segun las posiciones que pueden tomar la potencia, la resistencia y punto de apoyo.

Se dice que la palanca es de primer género, cuando el punto de apoyo se halla entre la potencia y la resistencia; de segundo órden, cuando el apoyo está en un estremo, la potencia en otro y la resistencia en medio, figura 5.ª

De tercer órden, cuando hallándose el punto de apoyo en un estremo, la resistencia está en el otro y la potencia en medio de las dos, figura 6.ª

En cada una de estas palancas la potencia y resistencia están en razon inversa de su distancia al punto de apoyo:

esto es, que para que haya equilibrio entre ambas, es preciso, que el momento de la potencia $P \times a$ ó sea el producto de ella por su brazo de palanca, sea igual al de $R \times b$ de la resistencia por el suyo respectivo: lo que dá lugar á la proporcion inversa.

$$P : R :: b : a.$$

Conocidos tres de los términos de esta proporcion, se determina el cuarto fácilmente, y de aquí nacen las siguientes reglas.

1.ª Para hallar la potencia se multiplicará la resistencia dada, por su brazo de palanca y se dividirá por el que corresponde á aquella.

Ejemplo: ¿Qué potencia será preciso aplicar á una palanca y á 48 centímetros del punto de apoyo para equilibrar un peso de 20 kilógramos colocados á 12 centímetros de dicho punto?

$$P = \frac{20 \times 12}{48} = 5 \text{ks.}$$

2.ª Multiplicando la resistencia por su brazo de palanca y dividiendo por la potencia, el resultado será el brazo de palanca que esta necesita.

Ejemplo: Si una resistencia de $15^{k.}$ se halla suspendida á $8^{\text{cént.}}$ del punto de apoyo de una palanca, á qué distancia se deberá colocar una potencia de $12^{k.}$ para el equilibrio?

$$a = \frac{15 \times 8}{12} = 10 \text{ cént.}$$

3.ª Si se multiplica la potencia por su brazo de palanca y se divide por el correspondiente á la resistencia, el cuociente representará la resistencia que podrá equilibrar la potencia dada.

Ejemplo: Hallándose colocada una potencia de á $30^{k.}$

á $18^{\text{cént.}}$ del punto de apoyo, qué resistencia habrá que colocar á $6^{\text{cént.}}$ de dicho punto para que haya equilibrio?

$$R = \frac{30 \times 18}{6} = 90\text{ks.}$$

4.ª Multiplicando la potencia por su brazo de palanca y dividiendo por la resistencia, el cuociente manifestará el brazo de palanca que corresponderá á la resistencia.

Ejemplo: ¿A qué distancia del punto de apoyo se colocará una resistencia de 90^{k} para equilibrar una potencia de 30^{k} aplicada á $18^{\text{cént.}}$?

$$16 = \frac{30 \times 18}{90} = 6\text{ cént.}$$

Aplicación: Qué potencia se necesitará para equilibrar un peso de 80^{k} con cada género de palanca? Supondremos: 1.º que la longitud total de cada palanca es de $60^{\text{cént.}}$ 2.º Que la distancia á que se halla la resistencia del punto de apoyo en las de primero y segundo género es de $10^{\text{cént.}}$ y en la de tercero igual á la longitud total y 3.º Que la distancia de la potencia al punto de apoyo es de $50^{\text{cént}}$ en la de primera y tercer género y de $60^{\text{cént.}}$ en la de 2.º y tendremos.

Para la de 1.er género. $P = \frac{80 \times 10}{50} = 16\text{ks.}$

Para la de 2.º———— $P = \frac{80 \times 10}{60} = 13,^{k}33.$

Para la de 3.º———— $P = \frac{80 \times 60}{50} = 96\text{ks.}$

De modo que la palanca de segundo género es la mas

ventajosa, considerando que es la que menos potencia requiere para vencer la resistencia que se le opone.

Las palanquetas que comunmente se usan para remover piedras etc., son palancas de 2.º género: muy poco es lo que se eleva el peso ó carga; pero en cambio hay la ventaja de poder vencer una resistencia mucho mayor que la potencia ó fuerza que se emplea.

La romana fig. 7.ª es una palanca de primer género: en ella, el punto de apoyo es fijo y el brazo de cuyo estremo se suspende el objeto que se quiere pesar es invariable, obteniéndose pesadas distintas segun se acerca ó aleja del punto de apoyo el de aplicacion de la potencia ó peso que ha de determinar el equilibrio: de modo, que si esta distancia es dos, tres ó cinco veces mayor, equilibrará un peso triple ó quintuplo. Obsérvese que cuanto mayor es el brazo de palanca, mayor accion ejerce el peso movible y que mayor es el arco ó espacio que recorre comparativamente con el que camina la resistencia.

Si varias palancas se hallan en combinacion para trasmitir una fuerza, será preciso para el equilibrio, que el producto de la potencia por todos los brazos de palanca que le corresponden sea igual al de la resistencia por los suyos respectivos, como se vé en la fig. 8.ª $P \times a \times a' = R \times b \times b'$ y dá lugar á las mismas reglas antes establecidas.

Ejemplos: 1.º Si se aplica una potencia de 20^{k} al estremo de un brazo de palanca cuya distancia al punto de apoyo es de 300$^{cént.}$ y que el de la resistencia es de 10, el 2.º brazo de la potencia 84$^{cént.}$ y el 2.º de la resistencia 6$^{cént.}$ y si en el estremo de este se coloca un punzon para agujerear una chapa de hierro, qué presion ejercerá dicho instrumento?

$$R=\frac{20\times300\times84}{10\times6}=8400\text{ks.}$$

Ejemplo 2.º Á qué altura seria preciso elevar el estremo de la primera palanca para que el punzon atravesase una chapa de medio centímetro?

$$\frac{0,^{c}5\times84\times300}{6\times10}=210$$

ó sea $2,^{m}10$, espacio que recorreria la potencia mientras solo caminaba la resistencia medio centímetro. La potencia de 20^{k} por medio de las palancas ha producido una presion de 8400^{k} esto es, ha hecho un esfuerzo 420 mayor mientras que la resistencia solo ha recorrido un espacio de $\frac{2,^{m}10}{0,5}=420$ mas pequeño.

Polea.

Las poleas son de dos especies; fijas y movibles: Las fijas giran al rededor de un eje sin cambiar de lugar ó posicion y sirven, por medio de correas ó cuerdas, á cambiar la direccion de una fuerza motriz sin producir ventaja alguna en el efecto mecánico. Las movibles al contrario obran como palancas de 2.º género. En la fig. 9.ª la polea *a* está fija y la *b* es movible; una cuerda fija por uno de sus estremos se arrolla al rededor de la polea *b* y pasa á la fija *a* que sirve á cambiar su direccion. En el centro de la polea *b* está la chapa y gancho, para colgar el peso ó resistencia que se quiere vencer.

La ventaja de una sola polea movible consiste en que duplica el poder de la fuerza empleada: de modo que si al

estremo de la cuerda se aplica una potencia de 10^k equilibrará un peso de $20.^k$ Esto resulta de que encontrándose la polea movible suspendida por la cuerda, solo se eleva á una altura igual á la mitad del espacio recorrido por la potencia: así es que si esta avanza 6 cént. solo se elevará la carga 3 cént. y el momento 10×6 de la potencia será igual al de la resistencia 20×3, que es la condicion de equilibrio en la palanca.

Si la polea fija no produce ventaja alguna mecánica, en cambio hace variar la direccion de la potencia, facilitando su accion; pues es mucho mas fácil hacer fuerza tirando de un peso de arriba á bajo, que de abajo arriba.

El conjunto de varias poleas montadas en una misma grapa se llama moton. Las poleas pueden girar sobre un eje comun fig. 10.ª ó sobre ejes diferentes, fig. 11.ª La una es movible y la otra fija.

La ventaja que proporciona el uso del moton movible es como dos veces el número de poleas que entran en su formacion, sin tomar para nada en consideracion las del moton fijo, que es indispensable para la direccion conveniente de la fuerza. Dicha ventaja resulta de que el espacio recorrido por la potencia en un tiempo dado, es igual á la suma de longitudes ó trozos de cuerdas, que penden ó acortan, mientras que la resistencia no se eleva mas que lo que espresa el cuociente de este espacio dividido por el número de cuerdas. De aquí las siguientes reglas: 1.ª Para hallar la potencia que se necesita para equilibrar una resistencia, no hay mas que dividir el peso ó carga por el duplo del número de poleas movibles de que se dispone.

Ejemplo: Qué potencia se necesitará para equilibrar un

peso de 776^k con un par de motones de cuatro poleas?

$$\frac{176}{2\times4}=22ks.$$

2.ª Para hallar la resistencia que equilibrará una potencia, basta multiplicar el duplo del número de poleas movibles por la potencia dada.

Ejemplo: Qué resistencia equilibrará una potencia de 125^k aplicada á un par de motones de tres poleas movibles? $125\times2\times3=750.^k$

Aquí solo se ha calculado la potencia necesaria para el equilibrio; pero bien se deja conocer, que para que hubiese movimiento, seria preciso emplear un esceso de fuerza tanto mayor cuanto mas rozamientos hubiere.

Torno.

Un torno simple consta de un cilindro con dos muñones colocados en la prolongacion de su eje y que apoyan en dos soportes: se le pone en movimiento por medio de una manivela.

La ventaja mecánica del aparato resulta fig. 12.ª de la longitud que tenga la manivela relativamente al rádio del cilindro, esto es, que la potencia P es á la resistencio R, como b rádio del cilindro es á c rádio de la manivela, dándose de aqui lugar á las mismas reglas que para las palancas se establecieron. De modo que, multiplicando la resistencia por el rádio del cilindro y dividiendo por el de la manivela, el cuociente espresará la potencia necesaria para el equilibrio.

Ejemplo: Qué potencia deberá aplicarse al estremo de una manivela, cuyo rádio es de $0,^m75$, para equilibrar una resistencia de 50^k colocados en el estremo de una cuerda

arrollada sobre un cilindro cuyo rádio es de 0,^{m}25?

$$P=\frac{50\times0{,}25}{0{,}75}=16,^{k}66$$

El torno de engranajes se llama así porque la potencia se aplica al estremo de una manivela que la trasmite por medio de un piñon á una rueda que está montada en el eje del cilindro sobre el que se arrolla el cable ó cuerda que se halla ligada á la resistencia que se pretende vencer.

Si un torno de esta clase consta de uno ó mas pares de engranages habrá que tomar en consideracion, ademas de la relacion que hay entre el rádio de la manivela y el del cilindro, la que existe entre los rádios de los piñones y ruedas. Es decir que entonces como en las palancas compuestas, la proporcion será. $P:R::b\times b'\times b'':a\times a'\times a''...$ &c. ó bien la potencia es á la resistencia como el producto de los rádios de los piñones y cilindros, al de los rádios de las ruedas y manivelas, resultando las siguientes reglas.

1.ª Para hallar la potencia que se ha de aplicar á una manivela y equilibrar una resistencia dada, se multiplicará el peso que se trata de levantar por el producto del rádio del cilindro por los de los piñones y dividirá tambien por el producto del rádio de la manivela por los de todas las ruedas.

1.er Ejemplo: Qué potencia será preciso emplear para equilibrar una resistencia de 1200^{k} por medio de un torno cuya manivela tiene 40 cént. de rádio siendo el del cilindro de 15 cént. con un par de engranajes, cuyos rádios son de 8 cént. el del piñon y 56 el de la rueda?

$$P=\frac{1200\times15\times8}{40\times56}=64,^{k}28$$

Si en vez de una hubiere dos manivelas, el peso se repartirá por mitad entre ellas.

2.º Ejemplo: Si en el precedente torno se añadiese otro par de engranajes, cuyos rádios fuesen 6 cént. el del piñon y 36 el de la rueda; ¿qué potencia se necesitaria aplicar al estremo de la manivela?

$$P=\frac{1200\times15\times8\times6}{40\times56\times36}=10,k71$$

2.ª Regla: Para hallar la resistencia que ha de equilibrar una potencia dada, se multiplicará esta por el rádio de la manivela y los de las demás ruedas y se dividirá el producto por el del cilindro y piñones.

Ejemplo: Dada una potencia de 8^k obrando al estremo de una manivela cuyo rádio es de 50 cént. y siendo el del cilindro de 12 cént., 6 cént. el del piñon y 48 el de la rueda, qué resistencia podrá equilibrar?

$$R=\frac{8\times50\times48}{12\times6}=266,k66$$

3.ª Regla: La relacion entre la potencia y resistencia se hallará multiplicando entre si los rádios de los piñones y cilindro y dividiendo el producto por los de las ruedas y manivela.

Ejemplo: Un torno ó una grúa estando movida por una manivela de 55 cént. de rádio y teniendo el cilindro el suyo de 11, los piñones y ruedas respectivamente, 5,6 y 7, 30, 36 y 49, qué relacion habrá entre la potencia y la resistencia?

$$\frac{P}{R}=\frac{5\times6\times7\times11}{55\times30\times36\times49}=\frac{1}{1260}$$

Esto quiere decir que la resistencia se equilibrará con

una potencia 1260 veces mas débil, ó por mejor decir, que una potencia de 1^{k} equilibraria una resistencia de 1260 ks.

Dicha relacion espresa ademas que la carga se elevará tan solo $\frac{1}{1260}$ del espacio que recorre la potencia, de modo que si esta camina por segundo un metro, la resistencia se elevará en el mismo tiempo $\frac{1}{1260}$ ó sea $0,^{m}0008$.

2.º Ejemplo: Si se quiere agotar un pozo de mina, por ejemplo, que se halla anegado y á $28,^{m}8$ de profundidad elevando 3000 litros de agua por hora, cuántos peones se necesitará emplear por conseguirlo?

El trabajo que se ha de hacer en una hora es $3000^{k} \times 28,^{m}8 = 86400:^{k}$ examinando la tabla de las cantidades de trabajo, se vé que un peon obrando sobre una manivela, puede desarrollar un trabajo de $6^{k} \times 60 \times 60 = 21600^{k}$

Dividiendo 86400 por 21600 el cuociente 4 espresará que este es el número de peones necesario.

Torno compuesto. Esta máquina proporciona un medio fácil de vencer grandes resistencias. Las partes de que se compone pueden estar reunidas sobre un mismo eje. fig. 13, ó en ejes distintos, fig. 14. Consta de dos cilindros de diferente diámetro y la cuerda que vá de uno á otro sostiene una polea movible á la cual vá fija la resistencia. La ventaja mecánica que proporciona está en proporcion de la semidiferencia de los rádios de los cilindros y de la manivela, proporcion que tambien espresa el espacio que recorre la resistencia relativamente á lo que avanza la potencia, resultando la siguiente regla.

Que para hallar la ventaja mecánica de esta máquina se dividirá el rádio de la manivela por la semidiferencia de los de los cilindros.

1.er Ejemplo. Cuál será el trabajo mecánico de un torno compuesto en que los rádios de los cilindros son de 20 y 10 cént. movido por una manivela de 50 cént. de rádio?

$$50 : \frac{20-10}{2} = 10$$

De modo que una fuerza de un kilógramo aplicada al estremo de la manivela equilibrará una resistencia de 10 suspendida al gancho de la polea; pero en cambio solo se elevará una décima parte del espacio que habrá recorrido la manivela.

2.º Ejemplo. Si en el precedente caso los cilindros estuviesen montados en ejes distintos y fuesen movidos por un doble engranaje en el cual el rádio del piñon es de 5c y 30 el de la rueda, cuál seria el trabajo obtenido?

$$50 : \frac{20-10}{2} \times \frac{5}{30} = 60$$

De donde resulta que una fuerza de un kilógramo equilibrará 60; pero la resistencia se elevará $\frac{1}{60}$ del espacio recorrido por la potencia.

Cric ó gato: Es simple ó compuesto y su trabajo es el producto de la proporcion que guardan los rádios de la manivela y piñon con los de las ruedas y piñones, fig. 15.

Ejemplo: Qué peso podrá levantarse con un cric, cuya manivela tiene 25 cént. de rádio, siendo el del piñon que engrana en la cremallera de 3, el de la rueda de 12 y 4 el del piñon así como 30k la potencia aplicada á la manivela.

$$R = \frac{30 \times 25 \times 12}{3 \times 4} = 750 \text{ ks.}$$

Queda pues sentado, que tanto en las palancas como en

los tornos y cries, existe el principio fundamental que la potencia es á la resistencia como el producto de los rádios de los piñones es al de las ruedas, puesto que estas no son mas que unos brazos de palanca. Este principio que es absoluto en teoría, se modifica en la práctica á causa de los rozamientos que muchas veces absorven hasta un tercio de la potencia que se emplea.

Plano inclinado.

Cuando un cuerpo camina sobre un plano vertical, todo el peso es soportado por la potencia que se emplea en levantarlo y por tanto esta tendrá que ser igual á la resistencia.

Si marcha sobre un plano horizontal, solo tendrá que vencer la potencia los rozamientos que resultan del peso del cuerpo sobre el terreno ó plano.

Pero si el plano sobre que camina es inclinado, fig. 16, la potencia que se necesitará emplear para elevarlo, guardará cierta relacion con la inclinacion que el plano tenga: de manera, que si obra paralelamente al plano, se tendrá que la longitud de dicho plano es al peso del cuerpo, como la altura del plano es á la potencia.

La ventaja mecánica de esta máquina, estriba pues en la relacion que haya entre la longitud y altura del plano. De aquí las siguientes reglas:

1.ª La resistencia multiplicada por la altura y dividida por la longitud del plano, es igual á la potencia necesaria para el equilibrio.

2.ª La potencia multiplicada por la longitud y dividida por la altura del plano, es igual á la resistencia.

3.ª La resistencia multiplicada por la base del plano y

dividida por su longitud, es igual al peso que sobre el plano gravita.

1.er Ejemplo. Qué potencia será precisa para equilibrar un peso de 5275k sobre un plano inclinado, cuya longitud es de 15m y su altura de 4?

$$P=\frac{5275\times 4}{15}=1406,^{k}66$$

2.º Determinar la resistencia que puede equilibrar una potencia de 525k obrando sobre un plano inclinado de 25m de largo y 3 de alto?

$$R=\frac{525\times 25}{3}=4375^{k}$$

3.º Qué presion ejercerá un peso de 5014k sobre un plano inclinado de 25m de largo siendo su base de 13.m

$$\frac{5014\times 13}{25}=2607,^{k}28 \text{ presion ejercida.}$$

Es evidente que esta presion depende de la inclinacion del plano y que una misma carga gravitará tanto menos cuanto mayor sea la inclinacion de aquel.

Tornillo.

Cuando un punto gira al rededor de un cilindro elevándose cierto espacio en cada revolucion, la curva que describe, se llama hélice, fig. 17.

Se dice que es de filete triangular cuando la hélice ó espiral es engendrada por un triángulo moviéndose al rededor de un cílindro de la manera dicha, y cuadrángular ó de filete cuadrado si la engendra un rectángulo.

El paso es la distancia entre filete y filete medida desde

el punto medio de entrambos, ó lo que es lo mismo, equivale al filete mas el hueco inmediato. Si consta el tornillo de varios filetes, entonces el paso es la altura á que se eleva la curva en una vuelta entera.

Segun esta definicion, esta máquina puede asimilarse á un plano inclinado, cuya longitud se halla representada por la circunferencia del cilindro, siendo la altura el paso de la rosca, resultando que cuanto mayor sea la circunferencia de la rosca relativamente á su altura, mayor será tambien la ventaja mecánica que proporcione, y si la potencia obra en ella al estremo de una palanca, dicha ventaja será representada por la relacion que haya entre la circunferencia esterior que la palanca describe y la altura del paso.

1.er EJEMPLO: Qué potencia será preciso emplear para producir una presion de 6750 ks. por medio de un tornillo cuyo paso es de 2c y su circunferencia de 60.c

$$P=\frac{6570\times 2}{60}=225^{k} \text{ potencia teórica.}$$

Pero en razon del rozamiento del tornillo contra su tuerca, la fuerza ó potencia práctica necesaria es tres veces mayor, y la ventaja del tornillo, $\frac{60}{2}=30.$

2.o EJEMPLO. Si se quisiera obtener la misma presion del ejemplo anterior, aplicando una palanca de 36c de rádio al tornillo, qué potencia se necesitaria?

La circunferencia que describe la palanca=216c y

$$\frac{6750\times 2}{216}=62,^{k}5$$

$$\text{La ventaja} = \frac{216}{2} = 108$$

Cuña.

Esta máquina tiene una aplicacion muy comun en la industria bajo diversas formas. Casi todas las herramientas se refieren á ella en su forma; los cinceles, buriles, sierras, limas etc. etc. Todos tienen en su corte ó en sus estremidades agudas una forma angular. La ventaja mecánica de la cuña puede asimilarse á la del plano inclinado, pues tambien depende del ancho de su cabeza y largo de sus costados.

Si en una cuña, fig. 18, la cabeza A B tiene de longitud 1[10 de la de su costado A C, la ventaja mecánica será como 1:10 y asi la potencia P que debe obrar sobre la cuña para producir una presion R se obtiene por la fórmula $P=R\times\frac{A\ B}{A\ C}$ esto es que la potencia será igual á la resistencia multiplicada por la relacion que haya entre el ancho de su cabeza y largo de sus costados:

Ejemplo: Supóngase una prensa de cuña, asi llamada porque la constituye una cuña que entra entre dos soportes uno movible y otro fijo, fig. 19, por medio de la cual se quiere prensar una materia que ofrece una resistencia igual á 1800^{k} y que la relacion que hay entre la cabeza y costados de la cuña es$=\frac{1}{30}$,la potencia $P\frac{1800\times1}{30}60^{k}$

Dicho resultado es teórico é independiente por tanto del rozamiento entre la cuña y pieza donde entra.

Observaciones sobre el uso de las máquinas simples.

Para evitar cualquier error al usar dichas máquinas, conviene observar, que si bien se aumenta el efecto de la fuerza ó potencia aplicada, el espacio que la resistencia ó peso recorre es menor que el recorrido por la potencia, ó mejor dicho: que mecánicamente hablando se observa siempre, que lo que se gana en fuerza, se pierde en velocidad y viceversa.

En los ejemplos precedentes y particularmente en los relativos á las palancas, se habrá observado que con una fuerza de 20 ks. se puede ejercer una presion de 8400 ks., esto es, 420 veces mayor; pero en cambio la herramienta que ejercia dicha fuerza, solo recorreria un espacio igual á $\frac{1}{420}$ del recorrido por la potencia.

Asi mismo si con un cric se levanta un carro ó cualquier peso considerable tambien se vé cuán poco es lo que estas resistencias ú objetos se elevan.

De aqui se saca la conclusion de que el verdadero objeto de las máquinas no es aumentar el trabajo producido por el motor ó motores que se emplean, sino convertir su accion ventajosamente y apropiada á las circunstancias.

Resulta pues, que el uso de las máquinas simples proporciona el medio de variar uno de los factores del trabajo, la fuerza ó la velocidad; pero á espensas siempre uno de otro y sin lograr aumento en el efecto útil, pues el producto de la fuerza por la velocidad es constante y representa el trabajo de la potencia. Este debe ser siempre por lo menos igual al de la resistencia en las máquinas sencillas y superior á él en las mas complicadas á causa de los roza-

mientos, choques etc. etc., que perjudican y entorpecen la accion de la potencia; lo que en resúmen equivale á decir: Que el trabajo desarrollado por la potencia en un tiempo dado, debe ser siempre igual al trabajo útil, mas el de las resistencias pasivas y que el efecto de una máquina será tanto mayor, cuanto menores sean estas.

LECCION 5.ª

Rozamiento.

Por rozamiento se entiende la resistencia que se opone al movimiento cuando dos cuerpos se hallan en contacto. Es de dos especies: el de *resbalar* que es el que esperimentan dos superficies que se deslizan resbalando una sobre otra, y el de *rodar* que resulta del movimiento de rotacion de un cuerpo sobre otro.

Cuando un cuerpo se halla colocado sobre un plano, el rozamiento que esperimenta es independiente de la dimension que su superficie presenta y de su velocidad; pero no del peso, ó por mejor decir, de la presion que sobre el plano ejerce y varia segun la naturaleza de las piezas que se hallan en contacto.

El rozamiento es proporcional á la presion, pues á igualdad de superficie y presion constante, las moléculas de los dos cuerpos penetran mas entre sí aumentando la resistencia á ser separadas. Es independiente de la estension de las superficies en contacto, porque ya sea que aumente ó disminuya, la presion no varia, y la resistencia total permanece la misma; pero en el bien entendido de que si mayor es la estension, el rozamiento disminuye en cada uno de los elementos de la superficie y que al contrario sucede si esta es mas pequeña.

Tabla de los rozamientos de dos superficies planas.

Superficies en contacto.	Relacion entre el rozamiento y la presion.	
	despues de estar en contacto cierto tiempo.	estando en movimiento.
Encina con encina.	0,62	0,48
Idem untadas con jabon en seco. .	0,44	0,16
Idem id. mojado en agua.	0,71	0,25
Hierro dulce ó colado sobre encina.	0,62	0,62
Idem untado con sebo ó manteca. .	0,62	0,26
Idem id. con agua.	0,65	0,12
Hierro dulce ó colado sobre hierro colado untado de sebo ó grasa. .	0,12	0,08
Una correa sobre una polea de hierro colado y bruñida.	0,28	0,28
Idem id. sin bruñir.	0,54	0,54
Idem sobre un cilindro de encina. .	0,47	0,27
Encina, olmo, hierro dulce, id. colado y bronce resbalando entre sí de dos en dos, untados de sebo ó aceite.	0,15	0,10
Cuero de guarnecer pistones sobre hierro colado mojado en agua. .	0,62	0,36
Idem con aceite sebo ó grasa. . .	0,15	0,15
Cuerda de cáñamo sobre encina. . .	0,80	0,52

Esta tabla presenta la relacion entre el rozamiento y la presion cualquiera que sea la estension de las superficies que se rozan. Esta relacion no es mas que un coeficiente por el que se ha de multiplicar la presion que un cuerpo ejerce sobre un plano para obtener la resistencia que ofrece el rozamiento, ya sea al romper el movimiento, ya sea durante se verifica.

Ejemplo: Qué esfuerzo se necesitará para levantar una

compuerta de encina verticalmente colocada, y contra la cual se ejerce una presion de 350ks. siendo su peso de 15ks?

Multiplicando la superficie de la compuerta por la altura tomada desde el nivel del agua al centro de dicha compuerta, y el coeficiente del rozamiento de encina sobre encina mojada, despues de estar algun tiempo en contacto, es 0,71 y 0,25 durante el movimiento; por consiguiente, el esfuerzo debido á la presion al empezar á marchar, será 0,71×350ks.=248ks.

Este esfuerzo será solo durante el movimiento 0,25×350=87ks.50 y el total, debido al peso y presion, para levantar la compuerta será 248×15=263ks. y mientras esto se ejecuta 87,ks.50×15=102,ks.50.

Si el cuerpo que se ha de mover está colocado horizontalmente no habrá que vencer mas resistencia, que la que opone el rozamiento; pero á menudo sucede tener precision de saber la pérdida de trabajo que resulta por efecto del rozamiento de dos superficies planas, y para obtenerlo no habrá mas que multiplicar el esfuerzo debido al rozamiento por la velocidad del cuerpo en un segundo de tiempo.

Ejemplo: Se desea saber 1.º cuál será el rozamiento que esperimentará un marco de horizontal de hierro colado resbalando sobre-dos correderas de la misma materia untadas de aceite, y 2.º la pérdida de trabajo debida á este rozamiento, suponiendo que el marco tiene limitado su viaje á 0,m65, lo recorre 150 veces por minuto y pesa 80ks.

Ejemplo. El coeficiente del rozamiento entre hierro colado untado de grasa es durante el movimiento 0,08; y 0,08×80ks.=6ks.40, que es el rozamiento del marco, y 6ks.

$$40 \times \frac{0{,}65 \times 150}{60} = 10^{k}\,,^{m}4$$

pérdida de trabajo que por él resulta.

Rozamiento de los gorrones sobre los coginetes. Las ruedas generalmente se hallan colocadas en ejes ó árboles cuyas estremidades mas delgadas y cilíndricas que se llaman gorrones, descansan y giran dentro de unos cojinetes. El rozamiento que en estos se ejerce se puede ver en la siguiente tabla suponiendo 1.º Que se untan con grasa de tiempo en tiempo, y 2.º cuando contínuamente se renueva el engrase.

Superficies en contacto.	Estados de las superficies.	Relacion entre el rozamiento y la presion.	
		Untadas de tiempo en tiempo.	Renovado constantemente.
Gorrones de hierro en cojinetes de bronce.	untados con aceite, grasa ó sebo.	0,075	0,054
Idem de hierro y sobre hierro colado. . . .	idem.	0,075	0,054
Idem hierro colado sobre bronce.	idem.	0,075	0,054
Idem id. sobre id. id. .	idem.	0,075	0,054
Id. dulce sobre guayaco.	idem.	0,125	»
Id. colado id. id. . .	idem.	0,100	0,092
Id. dulce ó colado sobre id. colado.	mojados. . . .	0.140	«

Por medio de esta tabla se calcula el trabajo absorvido por el rozamiento de los volantes, ruedas hidráulicas, engranajes etc. etc.

Supóngase una rueda hidráulica de 40,000^{k} de peso animada de una velocidad de cuatro vueltas por minuto, girando sus gorrones de hierro colado de 0,^{m}16 de diámetro en cojinetes de la misma materia engrasando de tiempo en tiempo con manteca y agua.

El coeficiente es en este caso igual á 0,14 y asi para una presion de 40,000^{k} el rozamiento equivale á 0,14×

$40,000 = 5,600^k$ la velocidad por segundo $= \dfrac{0,16 \times 3,14 \times 4}{60}$

$= 0,^m033$ y el trabajo absorvido por el rozamiento $= 5,600^k \times 0,^m033 = 184^k,^m8$ ó sea $2^c,46$ por segundo.

Aquí se observa que para saber la pérdida de trabajo debida al rozamiento de los ejes en sus cojinetes, hay que multiplicar la presion efectiva por el coeficiente del rozamiento y el resultado por la velocidad de los gorrones por segundo: el producto en kilógramos será la pérdida de trabajo, y el cuociente que resulte de dividir este producto por 75 espresará dicho trábajo en caballos vapor.

Rozamiento de un eje vertical en su cojinete. Los ejes verticales descansan por su parte inferior en un cojinete y el rozamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula $T = f \times P \times 4,19 r \times v$ en la que T es la pérdida de trabajo por segundo debido al rozamiento; f el coeficiente de rozamiento, P la carga ó presion, r el rádio del eje, y v la velocidad de este en metros por segundo.

Ejemplo: Cuál será la pérdida de trabajo por segundo de un eje vertical de hierro cuyo rádio $r = 0,05$ siendo la presion $P = 1800^k$ y hallándose animado de una velocidad $v = 0,^m60$.

Suponiendo que el cojinete es de hierro colado, el coeficiente del rozamiento será $= 0,08$ y $T = 0,08 \times 1800^k \times 4,19 \times 0,^m05 \times 0^m6 = 18^k,^m10$.

Muy á menudo, en la industria, el rozamiento de resbalar se suele convertir el de rodar, disminuyendo considerablemente la pérdida de trabajo, como se observa en los talleres de construccion, donde para remover objetos muy pesados, los colocan sobre rodillos ó carretillas. Cuando

se emplean estas carretillas, el rozamiento es tanto mas pequeño, cuanto menor es el rádio de la rueda.

LECCION 5.ª

Bombas.

Estas máquinas que sirven para elevar el agua á distintas alturas, se subdividen en *aspirantes*, *impelentes*, y *aspirantes é impelentes* á la vez. Todos los demás sistemas que están en uso se refieren á ellas.

La bomba aspirante, fig. 20, consta de un cilindro, *a* perfectamente taladrado y alisado en su parte interior, en el que entra algo oprimido un émbolo *b* guarnecido de dos válvulas ó chapaletas *c c* que se abren de abajo arriba.

En la parte inferior de este cilindro, que constituye lo que se llama cuerpo de bomba, se halla fijo el tubo *e* de aspiracion, que tiene tambien su válvula en su union con el cuerpo de bomba, y va á parar al depósito de agua ó pozo. En su estremo cerrado tiene varios agujeros pequeños, que dan paso al agua é impiden que en él penetren cuerpo estraño alguno.

Cuando por un golpe de palanca se eleva el émbolo de abajo á arriba, se aspira el aire encerrado en el tubo de aspiracion, y despues de varios golpes se logra hacer en él el vacío; entónces en virtud de la presion del aire esterior sobre el nivel *i j* del depósito, el agua se eleva en el interior del tubo de aspiracion á una altura de $10,^{m}33$. Como quiera que es muy difícil lograr el vacío perfecto en dicho tubo, la cantidad de aire que en él ha quedado, opone cierta resistencia á la mencionada presion, por lo que aun en las bombas mejor construidas, solo se obtiene una altura de 10^{m} cuando mas, siendo por consiguiente la ma-

yor altura que deberá tener el tubo de aspiracion sobre el nivel del agua.

Debe observarse, que la presion del aire atmosférico cuando se trata de elevar un líquido en el vacío, está en razon inversa del peso de él: así es, que dicha presion que es igual 1, ^{k} 033 por centímetro cuadrado, hace, que en el vacío se eleve el agua á una altura de 10,^{m}33, mientras que la misma presion sobre el mercurio solo lo eleva á 0,^{m}76 por su mayor peso específico, que es 13×59 veces el del agua.

Establecido el vacío en el tubo de aspiracion, el agua se eleva y ocupa todo el espacio entre su nivel *i j* y la parte inferior del émbolo. Al verificarse esto, la válvula inferior *d* del cuerpo de bomba se abre de abajo arriba por la fuerza del líquido, y si se baja el émbolo *b* el agua, que ya se ha introducido en el cuerpo de bomba, cierra la válvula *d*, y abre las *c c* para buscar su salida.

Esta clase de bombas deben colocarse siempre á ménos de diez métros sobre el nivel del agua del pozo donde han de servir.

Bomba impelente.

En este sistema, el cuerpo de bomba, fig. 21, entra en el depósito de agua y lleva en su parte inferior una válvula muerta. Esta, cuando sube el piston permite al agua el buscar su nivel natural dentro del cuerpo de bomba. Al bajar el émbolo, el agua empuja la válvula, la abre, y se precipita en el tubo de inyeccion *b*, elevándose á cierta altura, que dependerá de la fuerza motriz empleada.

Esta clase de bombas sirven para el riego; las de apagar incendios se refieren á este mismo sistema, y generalmente entran en su composicion dos cuerpos de bomba que

comunican con un solo y único tubo de inyeccion y de los dos émbolos, el uno aspira mientras el otro impele el agua.

Pero en este sistema se observa, que el agua es arrojada con intermitencia, esto es, que el chorro no es contínuo, y para conseguirlo se ha agregado á la máquina un depósito de aire. El agua en vez de elevarse, desde luego entra en el depósito de aire, fig. 22, que está guarnecido de una válvula que abre de abajo arriba, y como entra en él en mucha mayor cantidad que la que puede salir, el aire comprimido en la parte superior, ejerce, por efecto de su elasticidad, cierta presion sobre el nivel del agua, la que no encontrando tampoco salida, se eleva por sí en el tubo. La tension del aire comprimido hace que el chorro sea contínuo, y este es el verdadero principio fundamental de las bombas de apagar incendios.

Bomba aspirante é impelente.

Se emplea este sistema para elevar el agua á una gran altura, y tiene aplicacion en las casas particulares ó edificios públicos para poder llevar el agua á todos los pisos y tambien para el desagüe de las minas.

Esta bomba, fig. 23, difiere de la aspirante en que el émbolo no tiene válvulas, el tubo de derrame está en la parte inferior del cuerpo de bomba, y toma el nombre de tubo de impulsion. En la union lateral de este tubo *c* con el cuerpo de bomba *a* hay una válvula *b* que se abre de dentro á fuera. El tubo de aspiracion *e* tiene ó conserva en su union con el cuerpo de bomba su válvula *d*, y termina en una figura semejante á la flor de una regadera, por la parte que entra dentro del agua.

Dispuesta de este modo la bomba, se pone en movimiento la palanca, se hace el vacío en el tubo aspirante *e*, y

el agua sube hasta el émbolo. Cuando este baja, el volúmen de agua contenido en el cuerpo de bomba, oprime la válvula *d* y la cierra, abre la *b* y sube por el tubo de inyeccion. Si se continúa el movimiento de la palanca, el nivel del agua subirá cada vez mas por el espresado tubo, concluyendo por salir fuera de él cualquiera que sea su longitud. Como en la bomba aspirante el cuerpo de esta se debe colocar á ménos de 10 métros sobre el nivel del agua del pozo ó depósito para que haya aspiracion, pudiendo elevar el agua á prodigiosas alturas.

Efecto útil de las bombas.

Sea cual fuere la altura á la que una bomba eleve el agua, y cualesquiera que sean los diámetros é inclinacion de los tubos de aspiracion y de impulsion, el piston soportará siempre una cantidad de agua, cuyo peso será igual al de una columna del mismo líquido que tuviese por base la del émbolo y por altura la diferencia de nivel entre la superficie de ella en el pozo y el punto en que empieza su derrame. Pero ademas de esto hay que tener presentes las resistencias pasivas siguientes: 1.º Rozamiento del émbolo contra las paredes del cuerpo de bomba. 2.º Rozamiento del agua en dichas paredes y contra la de los tubos. 3.º La que el líquido esperimenta cuando entra en el tubo aspirante y pasa por la válvula. Y 4.º la inercia del agua.

Si á estas resistencias se añaden las de los rozamientos de las diferentes partes de la palanca, puede decirse que el efecto útil es cuando mas 0,75 partes del efecto del motor por lo que se establece la regla siguiente: Para hallar el trabajo ó motor que se debe emplear en esta máquina, se multiplicará el peso de la columna de agua, que

un golpe de émbolo eleva, por la altura ó distancia que haya entre el nivel del agua en el pozo y el punto de derrame, y este producto, espresion de el efecto útil de la bomba, se multiplicará en seguida por 1,33.

Ejemplo: Cuál será el efecto útil y por tanto el del motor que se deberá emplear para una bomba, cuyo émbolo tiene $0,^{m}24$ de diámetro con un viaje de $0,^{m}15$; dando 30 golpes por minuto y estando el nivel del agua á 25 métros del de elevacion?

Superficie del émbolo$=0,785\times(0,24)^2=0,^{mc}0452$.

Volúmen de agua que un golpe de él eleva$=0,^{mc}0452\times 0,^{m}15=0,^{mq}00678$.

$$\text{Volúmen en un segundo}=\frac{0,^{mq}00678\times 30}{60}=0,^{mq}00339.$$

Peso del volúmen en un segundo$=0,^{mq}00339\times 1000=3^{k},39=3,^{lit.}39$.

$$\text{Efecto útil}=3^{k},39\times 25^{m}=84^{k},^{m}75=\frac{84^{k},^{m}75}{75}=1^{c},^{v}13.$$

Efecto del motor que se ha de emplear en un segundo$=1^{cv}13\times 1,33=1^{cv}50$.

Estando una bomba bien construida y cuidada, el volúmen de agua que se eleva difiere poco del engendrado por un golpe de émbolo. Sin embargo, como la construccion de estas máquinas generalmente dista mucho de la perfeccion, se calcula que el volúmen de agua que lanzan es solo 4|5 del engendrado por el émbolo.

Segun esto, sabiendo el viaje del émbolo, se averiguará fácilmente el diámetro que deberá tener el cuerpo de bomba para obtener una determinada cantidad de agua por medio de la siguiente regla. Se dividirá el volúmen en métros cúbicos, por 0,785 y viaje del piston, y multiplicando la raiz cuadrada de este cuociente por 1,1, el pro-

ducto representará el diámetro que se ha de dar al émbolo.

Ejemplo: Se quiere elevar 6,lit. 78 de agua en cada golpe de émbolo, siendo el viaje de este de $0,^{m}15$ ¿qué diámetro se le asignará?

$$D=1,1\times\frac{\sqrt{0,^{mc}00678}}{0,785\times0,15}=0,^{m}264$$

Obsérvese que el diámetro de los tubos de ascension no entra en el cálculo, y sin embargo en las bombas de apagar incendios y otras semejantes se deberá tener presente, que el diámetro de los tubos aspirantes é impelente será 2|3 de el del cuerpo de bomba; los orificios de las válvulas 1|2 de el del espresado cuerpo y que la velocidad que se debe imprimir á la palanca, tiene que estar comprendida entre $0,^{m}16$ y $0,^{m}25$ por segundo.

LECCION 6.ª

Sifon.

Este aparato tiene por objeto el trasvasar líquidos y reconoce por motor la presion atmosférica. Se reduce á un tubo, fig. 24, encorbado y cuyos brazos son de desigual tamaño y son los que se introducen en los recipientes, que sirven para la operacion del trasvase.

Para esto si es el líquido de la vasija ó depósito A el que se quiere trasvasar al B, se hace el vacío en el tubo, el líquido sube por la presion del aire sobre su nivel, por el brazo h y se derrama sin interrupcion por h' en el receptáculo B.

Para que esto se verifique son precisas ciertas circunstancias. En efecto, si despues de hecho el vacío en el

tubo, el agua se eleva por el brazo vertical del sifon por efecto de la presion del aire, es preciso que la altura de aquel no pase de 10^m; ademas, como la presion atmosférica obra tambien en el orificio *d* de la vasija B oponiéndose al derrame de el líquido, se necesita que la altura *h'* sea mayor que *h*, esto es, que el derrame no puede tener lugar mientras el nivel del líquido en el recipiente A no esté mas alto que el de B.

El vacío se hace por aspiracion; pero generalmente se consigue el efecto abriendo un agujero en medio de la curvatura del tubo y llenando de agua sus dos brazos con un embudo, teniendo tapados los dos orificios del tubo, y cuando se halla este lleno no hay mas que destaparlos para lograr inmediatamente el derrame.

Espiral de Arquímedes.

Es una máquina destinada tambien á elevar el agua, y se aplica generalmente en las construcciones hidráulicas. Consta de una capacidad *a*, fig. 25, atravesada por un eje *b* y énvuelto por una cubierta cilíndrica *c*, quedando entre esta y la primera un espacio intermedio donde se halla una espiral. El movimiento se comunica por medio de la manivela *g*.

El agua sube y baja por dicha espiral de la manera siguiente: Entra ó desciende en la primera separacion y pasa á buscar su nivel en la inmediata superior, lo que hace que en cada revolucion se eleve una cantidad igual al paso de hélice. Para que esto se verifique con regularidad y produzca el debido efecto, es preciso que la base inferior de la espiral se halle sumergida por su mitad en el agua, y en una inclinacion de 30° á 45° que el aire pueda cir-

cular como el agua entrando por la parte inferior y que el ángulo que la hélice forma con el eje esté comprendido entre 54 y 70.º

El diámetro de estas espirales viene á ser de 0,m50, su longitud doce veces su diámetro esterior ó sean 6 metros, y el de la cavidad interior un tercio de la de la cubierta esterior ó sean de 0,m16.

La relacion entre el efecto útil del motor y de la máquina es de 0,60 á 0,65, esto es, que un peon obrando sobre la manivela puede producir en un dia laboral un efecto útil de 6k m por segundo; pero realmente no resultará mas que de 4k m. Se calcula que un hombre puede por medio de una espiral de Arquímedes bien construida y colocada, elevar 15 metros cúbicos de agua á 1 métro de altura por hora y trabajar durante 6 horas al dia.

Noria.

La noria es una máquina que reemplaza las bombas. Consta, fig. 26, de una cadena sin fin *a* compuesta de eslabones artículas. A cada uno de ellos vá sujeto un cajilon *b* que cogen en el depósito inferior el agua y la derraman en el superior. Dicha cadena se arrolla tanto en su parte superior como en la inferior sobre una rueda exagonal, cuyos lados son iguales en longitud á la de los eslabones. El movimiento se comunica por medio de una rueda, dentada, mandada por un piñon fijo en una manivela y su efecto útil es tan solo 0,55 á 0,60 de el motor, siendo ademas proporcional á la altura á que se halla colocada sobre el nivel del depósito de agua.

Rosario hidráulico.

Se compone de un tubo cilíndrico de madera de 4 á 6

métros de longitud por 0,m13 á 0,m16 de diámetro, cuya estremidad se halla sumergida en el agua. Hay rosarios verticales é inclinados. En los primeros, el tubo está verticalmente colocado, y en los segundos, con cierta inclinacion. Dicho tubo dá paso á una cadena sin fin movida y sostenida como la de una noria guarnecida de metro en metro, de unas digámoslo así, cuentas gruesas ó padrenuestros colocados entre dos chapas de cuero de mayor diámetro que el del tubo y otras dos de hierro. Tal es la disposicion adoptada en los rosarios verticales; pues en los inclinados las cuentas son simplemente unas paletas de madera.

Esta máquina puede elevar el agua á 4^m de altura y el movimiento se lo comunica un torno con sus manivelas, que sugeta la cadena y la imprime su movimiento de rotación.

En los inclinados, el efecto útil es 0,38 de el del motor y los verticales producen 0,60 poco mas ó menos. La velocidad mas conveniente es de 1^m á $1,^m50$.

En todas estas máquinas que se acaban de examinar, es muy fácil determinar la relacion entre el efecto útil de ellas y el del motor, pues la esperiencia dá á conocer el de la máquina y por la tabla arriba inserta, de las cantidades de trabajo diario producido por los motores, se sabe el producido por segundos, horas y dias laborales. No hay pues mas que dividir el resultado de la esperiencia por la cantidad de trabajo, que la mencionada tabla asigna y el cuociente representará la relacion pedida.

Ejemplo: Sabiendo por esperiencia que una noria puesta en movimiento por cinco peones, eleva en una hora 25^{mc} de agua á 3^m de altura, qué relacion habrá entre el efecto útil del motor y máquina?

25^m cúbicos elevados á 3^m equivale á 75^{mc} elevados á 1^m y un peon produce $\frac{75}{5}$ ó sean 15^{mc} por hora, lo que corresponde á $15 \times 1000^k = 15000^k$ segun la tabla antedicha, un hombre obrando sobre una manivela produce por hora una cantidad de trabajo representado por $6^{km} \times 60 \times 60 = 21600^{km}$ por tanto $\frac{15000}{21600} = 0,69$, relacion que se pide.

Prensa hidráulica.

El objeto de esta prensa es el trasformar una fuerza animada de cierta velocidad, en otra mayor; pero cuya velocidad es proporcionalmente menor y se funda en el siguiente principio de física. La presion de los líquidos en el interior de un recipiente cualquiera es proporcional á su superficie.

Si una vasija llena de agua, cerrada por todas partes, tiene solo dos superficies, 100 veces mayor una que otra, poniendo en cada una de ellas un émbolo, la fuerza de un hombre empleada en mover el mas pequeño, será igual á la de 100 hombres que empujasen al mayor: En otros términos. Si se coloca un plato sobre el agua que encierra una vasija, ajustado de modo que cierre herméticamente y advirtiendo que la presion sobre cada centímetro cuadrado del platillo sea de 5^k, esta presion se repartirá con igualdad sobre las paredes de la vasija á razon de 5^k por cént. cuadrado. Practicando una abertura de 60 cént. cuadrados en cualquiera de las paredes de dicho receptáculo y haciendo entrar por ella un émbolo bien ajustado, la presion que este esperimentará será $60 \times 5 = 300^k$ acreciendo con la superficie del émbolo.

Este principio físico de la presion, se verifica tambien en las vasijas comunicantes y de aquí su aplicacion á la prensa hidráulica.

Esta máquina, fig. 27, consta de dos émbolos, uno grande y otro pequeño, obrando cada uno de ellos sobre dos cuerpos distintos, *c*, *d*; el vástago del pequeño émbolo se mueve por medio de la palanca *e* y el agua del depósito *f* la rechaza contra el émbolo *b* en el gran cilindro *c*, *d*, *p*, que á su vez obra contra el émbolo mayor, que en su parte superior sostiene un plato que tiene por objeto prensar el objeto que se desea.

En una prensa hidráulica hay que considerar dos ventajas; la hidrostática y la mecánica. La hidrostática guarda relacion con la superficie del émbolo pequeño y la mecánica con la longitud del brazo de palanca.

Las reglas que se deben seguir para calcular la potencia de una prensa hidráulica se reducen á multiplicar la fuerza aplicada al estremo de la palanca por el producto de las ventajas hidrostática y mecánica.

Ejemplo: Cuál será la potencia de una prensa hidráulica construida bajo las siguientes condiciones; relacion entre los dos brazos de palanca 1:12; entre la superficie de los émbolos 1:90, y el movimiento producido en la palanca por dos hombres haciendo juntos un esfuerzo de 40 k

$$P=40\times12\times90=43200\ ^{k}$$

Obsérvese que si la fuerza motriz comunica al plato una presion 1080 veces mayor que 40 k, este plato tan solo se elevará $\frac{1}{1080}$ del espacio recorrido por la potencia.

Del aire empleado como fuerza motriz.

En los molinos de viento, se aprovecha la velocidad natural del aire para moler trigo, aserrar madera &c. &c. El viento obra sobre cuatro alas, que están montadas en un eje inclinado. Este eje en su movimiento de rotacion, mueve por medio de engranajes las diferentes partes del aparato.

En la industria manufacturera se distinguen dos aparatos, que tienen por objeto aspirar el aire y rechazarlo con gran velocidad para alimentar los hornos.

Ventilador.

El ventilador es uno de estos aparatos. Se emplea en los establecimientos de fundicion para alimentar los cubilotes, estableciendo el tiro del viento por aspiracion y comprimiéndolo luego. Consta de dos partes principales. La caja cilíndrica *a*, fig. 28, que es fija, y el volante ó rueda de paletas *b*, á la que se imprime un movimiento de rotacion muy vivo por medio de poleas. Las caras laterales de la caja tienen una abertura circular de 0,m30 á 0,m50 de diámetro, y por ella se aspira el aire esterior, que luego es violentamente rechazado á través de un conducto en forma de tobera.

La cruceta lleva en sus brazos sujetas con tornillos 4 ó 6 paletas, cuyo ancho es casi igual al hueco interior de la caja dentro de la que se mueven, como si fuera un émbolo de rotacion. Su altura en direccion del rádio debe progresivamente ser mas pequeña que el rádio interior de la caja, á fin que cada paleta de por sí pueda rechazar el aire.

El ángulo que cada paleta forma con su brazo respecti-

vo debe ser de 25º á 35º para producir el mayor efecto posible.

Suponiendo animado el eje de las paletas, de una velocidad de rotacion, de 1000 vueltas por minuto, la que tendrán las paletas en su estremo, será $=\frac{1000 \times 6{,}28 \times 0^{m}45}{60}$ $=47{,}^{m}1$, suponiendo que $0^{m}45$ es la distancia de las paletas al eje. Dicha velocidad será por hora $47{,}^{m}1 \times 3600 = 169560^{m}$, y si la capacidad interior de la caja es de $0{,}^{mc}20$, el ventilador enviará á los hornos $0{,}^{mc}20 \times 169560 = 33912$ métros cúbicos por hora.

El esfuerzo que en virtud de la fuerza centrífuga tiende á dislocar cada paleta suponiendo el peso de cada una igual á $2{,}^{k}5$ será $f=\frac{2{,}^{k}5 \times (47{,}^{m}1)^2}{9{,}81 \times 0{,}45}=1256^{k}3$. Asi se debe asegurar convenientemente cada paleta, para que pueda resistir este esfuerzo.

Máquina de viento.

En los altos hornos en vez de ventilador se usa la máquina de viento ó fuelles de piston, comunmente llamados pavas de mucha mayor potencia, fig. 29.

Dichos fuelles se ponen en movimiento por medio de una rueda hidráulica, ó de una máquina de vapor.

Funciona como el émbolo ó piston de una máquina de vapor en un cilindro *a*, fig. 30, y tiene dos chapaletas, una arriba y otra abajo; una de aspiracion y otra de inyeccion. Al bajar el émbolo aspira el aire por la parte superior del cilindro, y el que se halla en la parte inferior es rechazado con violencia hácia la tobera. En el movimiento ascensio-

nal de dicho piston se aspira el aire por abajo y rechazado por la parte superior. Así pues en este movimiento de vaiven el émbolo tiene por objeto el rechazar á cada golpe la cantidad de aire, que ha aspirado en el precedente.. Suponiendo que el viaje de dicho émbolo es $0,^{m}80$, siendo su diámetro $0,^{m}60$, en cada golpe ú oscilacion simple rechazará ó enviará á la tobera un volúmen de aire igual á $0,785 \times (0,60)^2 \times 0,80 = 0^{mc}226$: por consiguiente, en 90 golpes por minuto producirá un volúmen de aire de $15^{mc}82$, y en una hora $1220^{mc}40$.

Fácil es asignar las dimensiones convenientes al cilindro y émbolo sabiendo la cantidad de viento que se necesita en un tiempo dado, pues la proporcion que debe haber entre el engendrado y rechazado es como 5:7. La relacion entre el efecto útil del motor y máquina ya sea aquel del vapor ó una rueda hidráulica, es de 0,50.

Hace algunos años que las máquinas de aire frio se van ventajosamente reemplazando por las de aire caliente, que producen una ventaja de 40 p %. El aire en estos aparatos se calienta en unos hornos adicionales.

El empleo del aire, como fuerza motriz ó reguladora, va de dia en dia teniendo mayores aplicaciones: asi que los reguladores de aire reemplazan en algunas máquinas los péndulos cónicos y aun recientemente se ha hecho de él una importante aplicacion en los caminos de hierro atmosféricos.

LECCION 7.ª

De la fuerza de un caballo vapor en algunas de las máquinas mas usuales.

En una hilanderia de algodon bien montada, se calcula

generalmente que un caballo vapor hace marchar 300 ó 350 husos con todos los accesorios necesarios para hilo del número 40 ó 60.

Una máquina de aserrar bien montada produce 1mc30 de madera de encina y 2mc de otra cualquier madera blanca, por hora, y por caballo de vapor, pudiendo duplicarse este trabajo si se reemplaza la hoja de sierra recta por una circular que se mueva con mayor velocidad.

Un molino harinero con dos muelas puede moler en una hora 50 ó 55 k de trigo, equivaliendo á la fuerza de 3 caballos, ó mejor dicho, que un caballo vapor muele 15 á 18k por hora.

En una fábrica de papel un caballo vapor tritura por medio del cilindro 2k 20 de trapo en una hora; pero cada cilindro debe moler en el mismo tiempo 6k 70 y emplearse en él la fuerza de 3 caballos.

Velocidad en los tornos, berbiquis, barrenas etc. etc.

La velocidad mas conveniente sea en la circunferencia de la pieza que se tornea ó en la herramienta, ya en un torno, ó ya en una máquina de cepillar hierro colado, debe ser de 7 á 8 cént. por segundo.

La de la barrena en su circunferencia 4 ó 5 cent. por segundo para hierro colado, y si este se quiere tornear á mano, la de la herramienta será de 12 cent.

En el torno de soporte á corredera la velocidad en la circunferencia de la pieza es de 14 cent., y si se tornea á mano será de 18 á 20 para desvastar, y de 28 á 30 para alisar.

Estas diferencias provienen de que la herramienta, cuando esta trabaja maquinalmente, está siempre en contacto

con la materia, mientras que si se maneja á mano, dicho contacto es intermitente.

Las mismas velocidades se puede asignar á los taladros de los berbiquíes. El avance lateral del útil, varia segun la fuerza de la máquina; generalmente es de 1|4 á 1|3 de milímetro por cada revolucion; pero debe ser menor en los taladros.

Dilatacion de los cuerpos.

Las materias que las artes emplean tienen la propiedad de alargarse ó aumentar de volúmen con el calor. Debe tenerse en cuenta esta dilatacion, razon por la que se debe evitar la soldadura de las barras de hierro de cierta longitud en puntos en que dicho aumento de longitud sea desfavorable.

Segun la esperiencia, resulta que de 0 á 100 grados centígrados, la dilatacion lineal de una barra de 1m de largo, es para

El acero.	0,00124.	ó bien 1|807 de métro.
Hierro.	0,00122.	1|819
Cobre.	0,00172.	1|584
Laton.	0,00188.	1|529
Oro.	0,00155.	1|645
Plata.	0,00190.	1|524
Estaño.	0,00210.	1|462
Plomo.	0,60280.	1|351

Y para la dilatacion cúbica,

Mercurio	0,0180.	1|555
Agua.	0,0433.	1|23
Alcool.	0,1100.	1|9
Aire y otros gases.	0,3750.	1|267

CAPITULO III.—LECCION 1.ª

Trasmision de movimientos.

Al establecer una máquina se debe atender ó tomar en consideracion: 1.º El motor: 2.º El receptor que recibe el impulso de la fuerza motriz: 3.º El operador ó útil que trabaja: 4.º Los órganos de comunicacion de la fuerza y reguladores del movimiento.

Los motores que generalmente se emplean son, los hombres, los animales, el aire, el agua y el vapor.

Para las máquinas que exigen poca fuerza, los hombres.

En las que no exigen un movimiento regularizado los animales.

El aire en los ventiladores, molinos de viento &c. &c.

El agua en mover las ruedas hidráulicas, y en fin, el vapor en las máquinas de grande y pequeña potencia, presentando la ventaja de poderse aplicar en todas partes.

Los receptores que se hallan íntimamente ligados á los motores, recibiendo directamente la accion de estos, son las ruedas hidráulicas, los émbolos, malacates etc. etc.

Los útiles ó herramientas dependen de la clase de trabajo que se ha de ejecutar en un molino, son las muelas, en una máquina de aserrar, las hojas de sierra.

La accion del receptor se trasmite por comunicacion al útil, tomando los órganos que á esto concurren el nombre de comunicadores del movimiento.

Tres son los movimientos principales: 1.º El rectilíneo que es el que anima á un cuerpo que se mueve en línea recta: 2.º El circular, el de un cuerpo que gira ó dá vuel-

tas: 3.º El curvilíneo el de un cuerpo que describe una curva en su marcha ó sigue la direccion de ella.

Estos tres movimientos pueden ser contínuos ó alternativos.

Son contínuos si se efectúan siempre en el mismo sentido, y alternativos si obran en sentidos diferentes ó su marcha és de vaiven.

Todos ellos pueden combinarse de veinte y un modos distintos; como se indica en la siguiente tabla, y cada máquina es esencialmente la aplicacion simple ó compuesta de una ó mas transformaciones.

1.º El movimiento rectilíneo contínuo puede convertirse en.	rectilíneo	contínuo.	1
		alternado.	2
	circular.	contínuo.	3
		alternado.	4
	Siguiendo una curva dada.	contínuo.	5
		alternado.	6
2.º El movimiento circular contínuo puede convertirse en.	rectilíneo.	alternado.	7
	circular.	contínuo.	8
		alternado.	9
	Siguiendo una curva dada.	contínuo.	10
		alternado.	11
3.º El movimiento contínuo segun una curva dada, puede convertirse en. . . .	rectilíneo.	alternado.	12
	circular.	alternado.	13
	Siguiendo una curva dada.	contínuo.	14
		alternado.	15
4.º El movimiento rectilíneo alternado puede convertirse en.	rectilíneo.	alternado.	16
	circular.	alternado.	17
	Siguiendo una curva dada.	alternado.	18
5.º El movimiento circular alternado puede convertirse en	Siguiendo una curva dada.	alternado.	19
	circular.	alternado.	20
6.º El movimiento alternado segun una curva dada puede convertirse en.	Segun una curva dada. .	alternado.	21

Obsérvese que cada una de estas transformaciones tiene su recíproca, pues si el movimiento rectilíneo alternado se convierte en circular alternado, por ejemplo, tambien el

circular alternado se transforma en rectilíneo alternado. Los siguientes ejemplos presentan las combinaciones mas usuales de dichas transformaciones.

Conversion del movimiento rectilíneo contínuo en rectilíneo contínuo.

Las cuerdas ó correas, que obran sobre las poleas, trasmiten á diversas distancias y sobre planos diversos el movimiento rectilíneo contínuo.

Una cuerda arrollada en una polea *a*, fig. 31, y de cuyos estremos penden un peso y una fuerza, trasforma el movimiento rectilíneo contínuo de la fuerza aplicada en rectilíneo contínuo del peso.

La fig. 32 ofrece un ejemplo semejante. Representa dos reglas, *a b*, unidas entre sí con dos montantes articulados, *c d*, y cuya disposicion hace que cualquiera que sea la postura que se le dé, siempre serán paralelas, formando entre ellas un paralelógramo. Este instrumento sirve para trasar líneas paralelas. Asi mismo la barra *a*, fig. 33, unida á las reglas *b c*, por los montantes articulados *d d'* sigue siempre una direccion paralela.

Conversion del movimiento rectilíneo contínuo en rectilíneo alternado.

En la fig. 34 se vé un ejemplo de esta trasformacion. Es una faja sólida *a*, sobre la cual están trasados unos rebajos en plano inclinado, y que está unida á una regla vertical *b* por un pasador, que se vé obligado en el movimiento rectilíneo de la regla á marchar por los rebajos indicados, dando lugar á un movimiento de sube y baja de la regla *b*.

En las máquinas de vapor en donde este fluido obra ya por cima, ya por bajo del piston, dándole movimiento rectilíneo alternado hay un cambio de movimiento rectilíneo contínuo del vapor que emana de la caldera, en rectilíneo alternado del piston.

Conversion del movimiento rectilíneo contínuo en circular contínuo.

Una corriente de agua obrando sobre una rueda hidráulica cambia su movimiento rectilíneo contínuo en circular contínuo.

La recíproca se verifica en los tornos, crics, cabrestantes &c. &c., en donde el movimiento circular ó de rotacion de la manivela produce la ascension vertical rectilínea del peso.

El tornillo diferencial de Prony, fig. 35, es un ejemplo de conversion semejante; pero con la ventaja muy esencial de poder variar la velocidad á voluntad.

a b es un cilindro cuyos estremos roscados igualmente se atornillan en los montantes *c d*. Este cilindro para cada vuelta de la manivela recorre un espácio horizontal igual al paso del tornillo *a b*. En su medianía se atornilla una pieza *g*, cuyo paso de rosca se diferencia segun se quiere del que tienen los tornillos *a b*. Por este medio se consigue que la tuerca *h*, que á su vez corre á lo largo de los montantes *c d* por la ranura *i* de la base de ellos, adelanta ó camina á cada vuelta de la manivela un espácio igual á la diferiencia que existe entre el paso de rosca de la pieza intermedia y el de los tornillos estremos.

La cremallera que guia una rueda dentada es tambien una aplicacion de la trasformacion del movimiento rectilíneo en circular contínuo, y la recíproca se verifica en los cilindros laminadores, que hallándose animados de movi-

miento circular contínuo arrastran en direccion recta continúa la barra ó placa metálica sometida á su accion.

Conversion del movimiento rectilíneo contínuo en circular alternado.

En las bombas el movimiento rectilíneo del émbolo resulta del circular alternado de la palanca.

La recíproca de esto se verifica cuando una palanca *a*, fig. 36, que gira al rededor del punto *b*, y lleva unidos á él por dos articulaciones dos brazos de palanca *c d* encorvados por sus estremos.

Estos engranan con los dientes de una barra *g*, la cual tiene en su medio una ranura en la que se aloja el centro *a* de la palanca. Si se pone en movimiento circular alternado dicha palanca, la barra se eleva y toma el rectilíneo contínuo.

LECCION 11.ª

Trasformacion del movimiento circular contínuo en rectilíneo alternado.

Puede esto obtenerse de varios modos.

El movimiento circular contínuo de la manivela *a*, fig. 37, cambia por medio de la biela *b* en rectilíneo alternado al de la sierra *c*.

En la máquina de vapor sucede la recíproca y la fig. 38 es una aplicacion de ello. El vapor obra alternativamente sobre las dos caras del émbolo *a* para imprimirle el movimiento rectilíneo de vaiven, el cual por medio de la palanca *b* y biela *c* hace girar circularmente la manivela *d*.

Haciendo girar una rueda *a*, fig. 39, en la parte interior

de otra *b*, cuyo rádio es doble de la otra, y articulando un punto cualquiera *c*, por ejemplo, de la circunferencia de la rueda *a* á la varilla *d*, esta tomará el movimiento rectilíneo alternado que le imprimirá la rueda *a*.

Escéntricos.

Idénticos ejemplos representa la fig. 40. El escéntrico *a* que se halla animado de un movimiento circular contínuo, produce la ascension rectilínea alternada de la varilla *b* que á él se halla ligada: para disminuir el rozamiento, dicha varilla lleva en contacto con la curva un disco de metal *c*, y á su vez es guiada en una corredera ó entre otros dos discos *d d*.

Este escéntrico, dicho de corazon, se traza de la manera siguiente:

Supóngase que *a* sea el centro del árbol en el que está fijo el escéntrico, y que deba hacer recorrer al centro del disco una distancia *b b'* en una semi-revolucion, y volverlo á su puesto de partida en otra: desde el punto *a* se describirán dos circunferencias con los rádios *a b* y *a*, y se dividirá la distancia *b b'* en varias partes iguales, cuatro por ejemplo, y desde el punto *b'* se dividirá tambien la circunferencia *a b'* en un número doble de divisiones ó partes. Hecho esto desde el centro *a* se trazarán tantos círculos como divisiones haya en *b b'*, y uniendo los puntos de division de la circunferencia *a b'* con el centro, el punto en que el rádio *a* 1 encuentra á la circunferencia cuyo rádio es *a* 1, será un punto de la curva. El punto en que el rádio *a* 2 encuentre á la circunferencia cuyo rádio es *a* 2, será otro segundo punto y asi se llegará hasta la cuarta division, que será el punto directamente opuesto al de partida. Construida asi media curva correspondiente á una semi-revolucion

del escéntrico para elevar el punto *b b'*. El resto de ella se trasará simétricamente del otro lado para traer el punto *b'* al *b*.

Este trazado proporciona el medio de comunicar un movimiento rectilíneo alternado regular y uniforme, pues para cada arco del escéntrico, el punto se eleva una cantidad igual en línea recta.

Haciendo iguales las divisiones de la circunferencia y disminuyendo el espacio que entre ellas existe, ó bien aumentándolo proporcionalmente, se modifica la velocidad y presion del escéntrico segun se desee.

El trazado precedente es un caso particular de las curvas escéntricas; pero en general llámanse escéntricas aquellas curvas cuyos puntos se hallan desigualmente distantes de su centro de rotacion. El círculo, si su eje de movimiento no coincide con el de figura es un escéntrico.

Dichas curvas tienen siempre por objeto el transformar un movimiento que es circular contínuo en otro rectilíneo alternado, ya sea por contacto directo ó indirecto, ya tambien obrando de canto ó de plano, y son de un uso muy variado y comun en las máquinas. El espacio que recorra el escéntrico será siempre igual á la diferencia entre el rádio de la parte mas lejana del centro y el de la que se halla mas cerca.

Si á cada revolucion del escéntrico se ha de suspender el movimiento, se agregan al rededor de él unos suplementos concéntricos como lo indica la fig. 41, y por este medio se consigue el que aun cuando gire el escéntrico, la pieza que guia no reciba de él movimiento alguno. Así se obtendrá que un escéntrico produzca el movimiento que mas convenga, ya sea contínuo ú alternado.

Resulta pues que las manivelas, biélas y escéntricos son

muy convenientes para trasformar el movimiento circular contínuo en rectilíneo alternado y recíprocamente.

Cambio del movimiento circular contínuo en circular contínuo.

Las ruedas que engranan unas con otras, las cadenas y correas sin fin que dan vueltas sobre las poleas ó tambores son aplicacion usuales de esta trasformacion. La facilidad de estirar las correas y la ventaja que ofrecen de poder trasmitir el movimiento circular contínuo en cualquier direccion y á distancias bastantes lejanas y sin ruido, ha hecho que se sustituyan en algunos establecimientos á las ruedas dentadas.

Las fig.s 42 y 43 presentan ejemplos de este movimiento en un mismo plano y en otro que le es perpendicular. La trasmision de dicho movimiento circular contínuo, en circular contínuo, se obtiene en los tornos por las poleas de diferentes diámetros ó unos alternados, fig.s 44 y 45, colocados uno por encima del otro de modo que en ellos tenga siempre una misma tension la correa. Este sistema proporciona el que se pueda modificar ó variar la velocidad segun lo exija el trabajo que con el torno se practica.

Si se desea una velocidad muy pequeña, se guiará la rueda *a*, fig. 46, por medio de la rosca sin fin *b*, no corriendo ó pasando mas que un diente de la rueda por cada vuelta de la rosca. Así pues, si la rueda tiene 60 dientes, se necesitarán 60 vueltas de la manivela para que haga una revolucion completa, y colocando en el eje de la rueda *a* otra rosca sin fin *b'*, la segunda rueda *c* de 60 dientes solo daria una vuelta mientras que la manivela correspondiente á la 1.a rosca daria 3600.

El uso de la rosca sin fin es el medio mas conveniente para producir muy lentas velocidades.

LECCION 12.ª

Trasformacion del movimiento circular contínuo en circular alternado.

Las fig.s 47 y 48 presentan dos ejemplos de esta trasformacion. En la primera una rueda de levas animada de movimiento circular contínuo obra sobre el estremo del martinete *b* y lo hace oscilar al rededor de su eje *c*, soltándolo en seguida para que caiga por su propio peso sobre el yunque *d*. La distancia de las levas de la rueda están dispuestas de modo que el martinete pueda caer sobre el yunque ántes que la leva siguiente lo suspenda de nuevo. Las levas no obran siempre por presion y asi en la fig. 49 se vé que cada leva levanta el martinete por su cabeza.

Una manivela que mueve á una palanca ofrece un caso semejante.

En la máquina que usan los amoladores y en el torno de hilar, el pedal, que sirve, para que el obrero por medio del pié que en él apoya, ponga la máquina en movimiento, describe una curva circular alternativamente, y por medio de una biela y una manivela, hace que la piedra de afilar ó bien dicho, torno, tomen el movimiento circular contínuo.

Tambien los escapes de relojeria son un ejemplo de lo dicho.

Movimiento rectilíneo alternado en circular alternado y recíprocamente.

Las bombas movidas por un sector, fig. 50, son un ejem-

plo de esta trasformacion y tambien el arco usado en los taladros que se hacen á mano.

En las máquinas de vapor el movimiento rectilíneo alternado del piston produce el circular alternado del balancin y el mecanismo por medio del cual el cambio se verifica, se llama paralelógramo de Watt.

Dicho paralelógramo destinado á mantener el arbol del piston en una direccion sensiblemente vertical, se traza de la manera siguiente: fig. 49.

Sea *a* la proyeccion vertical del eje del balancin, el cual asi como sus montantes se señalan con línea seguida. La línea *a c* representa el balancin en la posicion mas elevada y su estremo *c* describe al rededor del centro *a* un arco *c c' c''*, cuya cuerda es igual á dos veces el rádio de la manivela reguladora de la marcha del piston en el cilindro. Si por el punto medio de la flecha de dicho arco se traza la vertical *d d'*, se verá que el punto *d'*, estremo del arbol del piston, que se halla en su misma direccion, no se separará de ella en ninguna de las tres posiciones principales del balancin.

Efectivamente, el punto de suspension de los montantes del paralelógramo debe estar en medio del rádio *a c*, y por tanto es preciso dividirle en dos partes iguales en el punto *e*, y la distancia *c e* será uno de los lados mayores del paralelógramo: uno de los montantes pequeños debe tener su estremo inferior en la vertical *d d'* y ligarse con el lado mayor espresado, siendo su longitud igual al rádio de la manivela: trazando pues desde el punto *c* en un rádio igual á ella un arco que corte la vertical *d d'* en el punto *g* y uniendo los *c* y *g* se tendrá uno de los lados pequeños del paralelógramo. Hecho esto no hay mas que tirar por los puntos *g* y *e* las *g f* y *e f* paralelas á los lados anteriormente hallados y se obtendrá por completo el pa-

ralelógramo *c g e f* en su posicion mas elevada. Solo queda ahora por determinar la posicion del centro *h* del movimiento, punto al rededor del cual se mueven las guias *j* que se hallan unidas por medio de articulaciones al paralelógramo en *f*.

Este centro debe estar en el plano vertical determinado por *d d'* y ademas, en general, distante de *f* un espacio igual á la mitad del rádio del balancin; asi pues, trazando desde *f* como centro y como el rádio *c e* un arco, el punto *h* en que corte la vertical *d d'* será el centro que se busca.

Para marcar la posicion media *a c*, obsérvese que el punto *e* ha descrito un arco al rededor de *a* y se ha colocado en *c'* mientras que el punto *f* ha venido á parar en *f'* sobre la horizontal *h f'* y que *c* se halla ahora en *e*; representando *c' e'* uno de los lados mayores del paralelógramo. La nueva posicion de *g* se sabrá describiendo desde *c* un arco con el rádio *c g* que cortará á la *d d'* en *g.'* Se tienen ya los lados mayores y por consiguiente el paralelógramo *c' e' g' f'* en su posicion media. Lo mismo se podria trazar la tercera posicion inferior. La union del arbol del piston se halla en línea vertical en las tres mencionadas posiciones que es lo que se desea: sin embargo téngase presente que el arco recorrido por el balancin no debe pasar de 40 grados.

CAPITULO IV.—LECCION 1.ª

Engranajes.

Las ruedas dentadas, las poleas, tambores etc., cuyo uso es tan frecuente en maquinaria, tienen por objeto el trasmitir la accion del motor, variando la velocidad dentro de determinados límites.

Las ruedas dentadas son unos discos circulares en los que se ha trazado, con perfecta regularidad, un cierto número de dientes.

Cuando se trata de trasmitir el movimiento de un arbol á otro que le es paralelo, las ruedas que los mueven se llaman rectas ó cilíndricas, porque sus generatrices son paralelas. Si los árboles son perpendiculares ó inclinados uno respecto de otro, las ruedas que los mueven se dicen de ángulo ó cónicas, porque sus generatrices se dirigen á un vértice ó punto comun á todas ellas. A pesar de esto se construyen tambien ruedas cilíndricas con incrustaciones helicoidales y trasmiten el movimiento á árboles que son perpendiculares entre sí.

Cuando dos ruedas rectas ó cilíndricas, fig. 50, engranan una con otra, su movimiento es encontrado, esto es, que giran en inverso sentido; pero si los ejes ó árboles en que están colocadas deben girar hácia un mismo lado, se hace preciso intercalar una rueda intermedia que engrane con aquellas, pudiendo ser cualquiera su tamaño, pues esto nada influye en la velocidad relativa de las ruedas *a* y *b*, puesto que siempre tendrá en contacto con ellas un mismo número de dientes; es decir, que si la rueda *a* hace avanzar en la *c* tres dientes, esta á su vez ejecutará lo propio en la rueda *b*, fig. 51. Si hubiese varias ruedas intermedias entre las *a* y *b* como en la fig. 52 tampoco variará la velocidad espresada siempre que la *a* mande directamente á la *b*.

Cuando dos árboles son paralelos, pero colocados á cierta distancia uno de otro, trasmitiéndose entre sí el movimiento por medio de tambores ó poleas y correas, la disposicion de estas basta para poder variar el sentido de rotacion. Si deben moverse hácia un mismo lado los ramales de la correa son paralelos, fig. 53, y en cruz ó cruzadas

cuando el sentido de la rotacion de los árboles es inverso, fig. 54.

Si dos platos, poleas ó tambores puestos uno contra otro giran sin resbalar, cada punto de la circunferencia del uno coincidirá con cada uno de la circunferencia del otro, y los arcos recorridos en tiempos iguales serán tambien iguales; por tanto, si la circunferencia del primero es doble en estension que la segunda, esta dará dos vueltas mientras dá una la otra. Lo mismo se verifica en las ruedas dentadas que engranan entre sí; si la una tiene 48 dientes por ejemplo y la otra 12, como los de la una engranan sucesivamente en los de la otra, la que tiene 12 dientes dará cuatro vueltas mientras que la de 48 dé una.

Segun este principio, los engranajes rictes y cónicos se hallan sometidos á las siguientes reglas:

1.ª El número de dientes de dos ruedas que se hallan en contacto es proporcional á las circunferencias ó rádios y diámetros de ellas.

2.ª Su velocidad estará en razon inversa del número de sus dientes ó de sus rádios ó bien en resúmen: 1.º A mayor rádio corresponde mayor número de dientes.

2.º A mayor rádio ó número de dientes, menor velocidad y recíprocamente.

Problemas relativos á los engranajes, poleas y tambores.

1.º Conociendo los rádios de dos ruedas en contacto *a* y *b* y el número de dientes que tiene la *A* se determinará el número correspondiente á la *B* por medio de la regla siguiente: *Multiplíquese el número de dientes de la rueda A por el rádio de la rueda B,* divídase luego este producto

por el rádio de la rueda A y el cuociente espresará lo que se busca,

Ejemplo. Suponiendo que la primera rueda tenga 12 cents. de rádio y 75 dientes, y que el rádio de la otra sea de 8 cent., cuántos dientes le corresponderán?

$$n=\frac{75\times8}{12}=50$$ número de dientes de la segunda rueda.

2.º Si se sabe el número de dientes de dos ruedas A y B y el rádio de la primera se determinará el de la segunda por la regla siguiente:

Multiplíquese el rádio de la rueda A por el número de dientes de la rueda B, divídase este producto por el número de dientes de la A y el cuociente será el rádio que corresponde á la B.

Ejemplo: Hallándose en contacto dos ruedas, la primera de 75 dientes y de 50 la segunda, y teniendo 12 cents. de rádio la primera, cuál será el de la segunda?

$$r=\frac{12\times50}{75}=8$$ cent. de rádio de la rueda b.

3.º Si se sabe el número de vueltas por minuto que dan dos ruedas, poleas ó tambores A, B y el rádio de A se determinará el de la B del siguiente modo:

Multiplíquese el número de vueltas de la primera rueda ó polea A por su rádio, divídase por el número de vueltas de B, y el cuociente será el rádio de ella.

Ejemplo: Una rueda a que dá 25 vueltas por minuto tiene 20 cent. de rádio, cuál será el de otra rueda b que dá 60 vueltas en el mismo tiempo?

$$r=\frac{25\times20}{60}=8,^{c}33—$$

4.º Conociendo los rádios de dos poleas ó ruedas y el número de vueltas que dá la primera en un minuto, se determinará las que dará la segunda, de este modo.

Multiplíquese el rádio de la primera rueda por el número de vueltas que dá en un minuto; divídase este producto por el rádio de la segunda, y el cuociente será el número de vueltas que dé la otra en el mismo tiempo.

Ejemplo: Si una rueda *a* de 20 cent. de rádio, dá 25 vueltas por minuto, cuántas dará en el mismo tiempo otra rueda *b*, cuyo rádio es de 8,c33.

$$r=\frac{20\times 25}{8^{c},33}=60 \text{ número de vueltas de la } b.$$

En las anteriores reglas debe observarse, que subsisten las mismas cuando en vez de los rádios se conocen los diámetros de las ruedas, poleas ó tambores, pues no habrá mas entónces que sustituir el valor del diámetro ó de su correspondiente circunferencia. Por ejemplo, suponiendo que en vez del rádio=20 cent. se dá el diámetro=40 cent. en una rueda *a* y 16,c66 como diámetro de otra *b*, será lo mismo que ántes. $\frac{40\times 25}{16,66}=60$—

En el caso de ser la circunferencia de la rueda *a* la que se conoce y tambien la de la *b*, el resultado es el mismo. Sea 125,c60 la de la primera y 52,c31 la de la segunda se tendrá. $\frac{125,6\times 25}{52,31}=60$

Estos problemas se refieren solo á las dimensiones y velocidades de dos poleas ó ruedas; pero cuando se trata de un sistema compuesto de cierto número de ellos, trasmitiendo el movimiento de un eje *a* á otro *b*, las reglas pre-

cedentes se generalizan del modo siguiente. Conociendo el número de vueltas que dá por minuto un arbol *a* y el diámetro de la rueda ó polea que en él se halla fija, como tambien los diámetros de todas las ruedas ó poleas intermedias, se determinará el diámetro ó número de vueltas de la polea del arbol *b* para imprimirle cierta velocidad:

Multiplicando todos los diámetros, rádios ó dientes de las ruedas ó poleas motoras, y tambien uno por otro todos los rádios, diámetros ó dientes de las ruedas ó poleas movidas por aquellas.

1.º El cuociente de la division de estos productos multiplicado tambien por el número de vueltas, que en un minuto dá la primera rueda ó el eje *a* y dividido por el número que dá en el mismo tiempo la polea ó eje *b*, será el rádio ó diámetro de la polea ó rueda que se halla fija en el eje *b*.

2.º El mismo cuociente de los antedichos productos multiplicado por el número de vueltas que dá en un minuto la primera rueda, y dividido por el rádio ó diámetro de la última polea ó rueda, será el número de vueltas que en un minuto dará esta polea ó el eje *b*.

1.er Ejemplo: Determinar el diámetro de una rueda *a* montada sobre un arbol *b* para que le pueda comunicar una velocidad de 36 vueltas por minuto bajo las siguientes condiciones,

El eje *a* dá 24 vueltas por minuto; el *b* debe dar 36 en el mismo tiempo; las ruedas motoras 1, 3, 5 tienen 40 60 y 30 cents. de diámetro mientras que las movidas por ellas 2, 4 tienen el suyo respectivo de 20 cent.

Producto de los diámetros de las ruedas motoras$=40\times 60\times 30=72000$ cent.

Producto de los diámetros de las movidas$=20\times 20=400$

Cuociente de estos productos $= \frac{72000}{400} = 180$ y $\frac{180 \times 24^{\text{vueltas}}}{36^{\text{ vueltas}}}$

2.º Ejemplo: Si en el caso anterior se quiere determinar el número de vueltas del eje *b* conociendo el diámetro 120 *c* de la rueda *a* se tendria.

$\frac{72000}{1000} = 180$; y $\frac{180 \times 24}{120^{c}} = 36 =$ número de vueltas del eje *b*.

La regla precedente es tambien aplicable al caso en que en vez de los diámetros ó rádios de las ruedas se sepa solo el número de dientes que tienen: pues bastará sustituir este número en lugar de los diámetros para averiguar, ya sea el número de dientes del último engranaje, ya sea su velocidad.

Si fuese la velocidad ó número de dientes ó bien el diámetro de la primera rueda dentada ó polea lo que se desease averiguar, conociendo la velocidad y diámetro ó número de dientes de todas las demás, bastará considerar en la operacion la primera rueda ó polea, como si fuese la última y recíprocamente, pues en nada altera la regla dada.

Conociendo la distancia entre centros de dos árboles paralelamente colocados, y el número de vueltas que cada uno debe dar en un mismo tiempo, se determinan geométricamente los rádios que corresponderán á las ruedas dentadas que les han de comunicar dicha velocidad.

Dividiendo la distancia dada en tantas partes iguales como unidades haya en la suma de las dos velocidades, tomando luego como rádio de la rueda mas pequeña un número de partes igual á la que marque la menor velocidad y por rádio de la rueda mayor el resto de dichas partes.

Ejemplo: Se tienen dos árboles paralelos *a b* fig. 56: el primero debe dar 6 vueltas, mientras que el segundo dé 4.

y la distancia de centro á centro es de 15 cent. ¿qué rádio corresponderá á las ruedas respectivas?

La resolucion de este problema se ejecuta por medio de la regla siguiente:

1.º Multiplíquese la distancia entre los ejes *a*, *b* por la velocidad de este, divídase este producto por la velocidad del otro mas la velocidad del segundo y el cuociente será el rádio de *a*.

2.º Multiplíquese la distancia de los ejes *a* y *b* por la velocidad del primero, y divídase el producto por la misma velocidad mas la del segundo y el cuociente será el rádio de la rueda *b*.

Así en el ejemplo anterior:

$\frac{16^{c}\times 4}{6\times 4}=6,^{c}4$ rádio de la rueda *a*; $\frac{16\times 6}{6\times 4}=9,^{c}6$ rádio de la rueda *b*.

Verificacion 6,4×9,6=16 cent. distancia entre los ejes.

2.º Ejemplo: Un eje dando 22 vueltas por minuto, debe mover por medio de dos ruedas dentadas otro arbol que ha de dar 15,5 vueltas en el mismo tiempo, la distancia de centro á centro es de 45,c5: se quiere saber qué rádio deberán tener las ruedas para imprimir dicha velocidad.

$$\frac{45,5\times 15,5}{22\times 15,5}=18^{c}81 \text{ rádio de la rueda motora.}$$

$$\frac{45,5\times 22}{22\times 15,5}=26,^{c}69 \text{ rádio de la movida.}$$

Verificacion 18,81×26,69=45,5 distancia entre centros.

PROBLEMA: Un arbol cuya velocidad es de 16 vueltas por minuto, debe comunicar el movimiento á otro, de modo que dé 81 vueltas en el mismo tiempo; el medio de trasmision consiste en dos ruedas dentadas ó dos poleas y un eje intermedio; la rueda motora que se halla fija en el primer arbol tiene 54 dientes, y la primera polea motora 25 cent. de diámetro y se desea saber el número de dientes de la segunda rueda y el diámetro de la polea.

$\sqrt{81 \times 16} = 36$ velocidad media entre 81 y 16.

$\frac{16 \times 54}{36} = 24$ número de dientes de la rueda movida.

$\frac{36 \times 25}{81} = 11,^{c}11$ diámetro pedido.

Si en este problema se supiese el número de vueltas que dá la primera rueda el de los dientes de ambas y el diámetro de cada polea, se averiguaria el número de vueltas de la segunda rueda dentada y última polea del modo siguiente:

$\frac{16 \times 54}{24} = 36$ velocidad de la segunda rueda;

y $\frac{36 \times 25}{11,11} = 81$ velocidad de la segunda polea.

Tabla para determinar el número de dientes ó diámetros de las ruedas dentadas cuando se sabe el paso de endentadura y vice-versa.

Núm. de dientes.	Diámetro	Núm. de dientes.	Diámetro	Núm. de dientes.	Diámetro	Núm. de dientes.	Diámetro
10	3,183	46	14,642	82	26,100	118	37,559
11	3,501	47	14,960	83	26,419	119	37,878
12	3,820	48	15,278	84	26,737	120	38,196
13	4,138	49	15,597	85	27,055	121	38,514
14	4,456	50	15,915	86	27,374	122	38,833
15	4,774	51	16,233	87	27,692	123	39,151
16	5,093	52	16,552	88	28,010	124	39,469
17	5,411	53	16,870	89	28,329	125	39,788
18	5,729	54	17,188	90	28,647	126	40,106
19	6,048	55	17,506	91	28,965	127	40,424
20	6,366	56	17,825	92	29,284	128	40,742
21	6,684	57	18,143	93	29,602	129	41,061
22	7,002	58	18,461	94	29,920	130	41,379
23	7,321	59	18,780	95	30,238	131	41,697
24	7,639	60	19,098	96	30,557	132	42,016
25	7,957	61	19,416	97	30,875	133	42,334
26	8,276	62	19,734	98	31,193	134	42,652
27	8,594	63	20,053	99	31,512	135	42,970
28	8,912	64	20.371	100	31,830	136	43,289
29	9,231	65	20,689	101	32,148	137	43,607
30	9,549	66	21,008	102	32,467	138	43,925
31	9,867	67	21,326	103	32,785	139	44,244
32	10,186	68	21,644	104	33,103	140	44,562
33	10,504	69	21,963	105	33,421	141	44,880
34	10,822	70	22,281	106	33,740	142	45,199
35	11,140	71	22,599	107	34,058	143	45,517
36	11,459	72	22,917	108	34,376	144	45,835
37	11,777	73	23,236	109	34,695	145	46,153
38	12,095	74	23,554	110	35,013	146	46,473
39	12,414	75	23,872	111	35,331	147	46,790
40	12,732	76	24,191	112	35,650	148	47,108
41	13,050	77	24,509	113	35,968	149	47,427
42	13,360	78	24,827	114	36,286	150	47,745
43	13,687	79	25,146	115	36,604	151	48,063
44	14,005	80	25,464	116	36,923	152	48,382
45	14,323	81	25,782	117	37,241	153	48,700

Modo de usar esta tabla.

1.º Para determinar el diámetro de una rueda dentada sabiendo el paso de sus dientes y su número.

Se multiplicará el diámetro que asigna la tabla para el número de dientes dado, por el paso en métros tambien dado y el producto será el diámetro que se busca.

1.er Ejemplo. Cuál será el diámetro de una rueda de 63 dientes cuyo paso es de 0,m0335?

La tabla dá para 63 dientes un diámetro de 20,053× 0,0335=0m672.

2.º Ejemplo: Cuáles serán los diámetros de dos ruedas de 41 y 153 dientes siendo su paso de 0,m025?

Se tiene 13,05×0,035=0,m326 diámetro de la rueda de 41 dientes y 48,70×0,025=1,m217 diámetros de la que tiene 153 dientes.

2.º Para determinar el paso de los dientes de una rueda conociendo su diámetro y el número de dientes.

Se dividirá el diámetro dado por el número que en la tabla corresponde y el cuociente será lo que se busca.

1.er Ejemplo: Cuál será el paso de una rueda de 63 dientes y de 0,672 de diámetro? 0,672:20,053=0,m0335

2.º Ejemplo: Se quiere construir una rueda de 126 dientes que marche con la anterior.—0,0335×40,106= 1,m34 diámetros de la rueda de 126 dientes.

3.º Para hallar el número de dientes de una rueda cuyo paso y diámetro se conocen.

Se dividirá el diámetro por el paso y el cuociente correspondiente *en la tabla marcará el número de dientes buscado.* Si este número no existiese en ella, se tomará el mas aproximado.

1.er Ejemplo: Siendo el diámetro de una rueda 0,m672

y el paso de sus dientes 0,0335, cuántos dientes le corresponderán?

0,672:0,0335=20,053=63 dientes.

2.º Ejemplo: Cuál será el número de dientes de una rueda de 0,m875 que engrana con una cremallera cuyo paso es de 0,m025.

0,m875:0,025=35. El número que mas se aproxima siendo 110, este será el número de dientes buscado.

LECCION 2.ª

Velocidad en el centro y circunferencia de las ruedas.

Llámase velocidad de un móvil el espacio que recorre en un segundo.

Conociendo la velocidad en el centro del eje de un volante, rueda ó polea, se determina la que tendrá en la circunferencia: *Multiplicando la circunferencia de la rueda ó volante por el número de vueltas que dá el eje en un minuto, el producto espresará el espacio recorrido en el mismo tiempo, y este producto dividido por 60 será la velocidad por segundo que tendrá la rueda en su circunferencia.*

Ejemplo: Cuál será la velocidad en la circunferencia de una rueda que se halla montada en un arbol, teniendo por diámetro 1m33 y dando 20 vueltas por minuto?

Circunferencia de la rueda=1,m33×3,1416=4,m176.

4,m176×20=83,m60 espacio que recorre en un minuto.

$$\frac{83,^{m}60}{60}=1,^{m}39$$ velocidad que se busca.

Si se conoce la velocidad en la circunferencia, la del centro se sabrá.

Dividiendo la de la circunferencia por el desarrollo de la rueda y el cuociente será la velocidad en el centro.

En el ejemplo anterior: $1,^{m}39$ dividido por $4,^{m}17=0,^{m}33$ velocidad en el centro.

Puede averiguarse prácticamente con facilidad, la velocidad de una rueda, cuyo movimiento sea uniforme: Al efecto se marcará con tiza un punto en la circunferencia y observará cuantas veces coincide dicho punto en un tiempo dado con otro fijo, y se multiplicará el número de vueltas por la circunferencia descrita por el punto que se marcó: este producto dividido por el tiempo trascurrido en segundos, será la velocidad que se busca.

Cualquiera otro punto tendrá una velocidad distinta y proporcionada á su distancia al eje de movimiento. Así la velocidad angular á la unidad de distancia, esto es, siendo el rádio 1 se obtendria por la fórmula.

$v=\frac{n\times 2\pi\times 1}{60}$; en que n representa el número de vueltas por minuto, y $\pi=3,14$.

Ejemplo: Si una rueda de 2 métros de rádio, dá segun la observacion 75 vueltas por minuto, cuál será la velocidad en la circunferencia?

$v=\frac{75\times 6,28\times 2}{60}=13,^{m}66$, velocidad en la circunferencia de la rueda ó volante.

Recíprocamente: si se conoce la velocidad de una rueda en la circunferencia, se determinará el número de vueltas

que dará en un minuto por la fórmula $n=\frac{v\times 60}{6,28\times r}$ ó bien

$$n=\frac{15,^{m}66\times 60}{6,28\times 2^{m}}=75 \text{ vueltas.}$$

Hallándose varias ruedas ó poleas colocadas en un mismo eje, y conociéndose la velocidad de este en el centro, se determinará la velocidad de la circunferencia de cada una de ellas, *multiplicando sucesivamente las circunferencias respectivas por el número de vueltas del eje por minuto, y dividiendo cada uno de estos productos por 60.*

Ejemplo: Tres ruedas ó poleas a, b, c, están colocadas en un mismo eje; el rádio de a es de 1,m10, el de la b de 1,m60, y el de la c de 2,m15, el eje dá 12 vueltas por minuto, cuál será la velocidad respectiva en la circunferencia de ellas?

$$\text{Para la } a=\frac{6,28\times 1,10\times 12}{60}=1,^{m}38$$

$$\text{Para la } b=\frac{6,28\times 1,^{m}60\times 12}{60}=2,^{m}00$$

$$\text{Para la } c=\frac{6,28\times 2,^{m}15\times 12}{60}=2,^{m}70$$

Dimensiones de los engranajes.

Los circulos cuyos rádios se han determinado segun las reglas precedentes se llaman círculos primitivos.

El círculo primitivo en un engranaje se halla á los $\frac{5}{9}$ de la altura del diente: estos círculos se dicen tambien

círculos de contacto; porque cuando dos de ellos engranan, su contacto se verifica sobre las circunferencias primitivas.

Sobre estos círculos primitivos se traza la division de los dientes y se miden los espesores de ellos.

Un diente consta de dos caras laterales simétricas para que el engrane se efectúe, ya en un sentido, ya en otro. Cada una de ellas comprende el flanco ó parte plana que tiene su direccion hácia el centro, y la parte curva que se halla fuera del círculo primitivo.

La interseccion de la parte curva y el flanco se encuentra en dicho círculo.

Por paso se entiende la distancia que media entre centro y centro de dos dientes consecutivos, ó bien el grueso de un diente más, el hueco que hay entre él y el inmediato, contado sobre el círculo primitivo.

El paso de dos ruedas que engranan entre si debe ser rigurosamente igual en las dos circunferencias primitivas, y conociendo este paso, se sabrá el número de dientes que tiene una de ellas por la fórmula: $n=\frac{2\pi r}{p}$ en la que n representa el número de dientes, r el rádio de la rueda y p el paso.

Ejemplo: Cuál será el número de dientes de una rueda cuyo rádio es de 34 cent. siendo el paso de 4?

$$\frac{6{,}28\times 0{,}34}{0{,}^{m}04}=53 \text{ dientes y otros tantos huecos.}$$

La principal dimension que hay que determinar en todo engranaje, es el paso, el cuál en una endentadura bien construida, debe ser igual á dos veces el espesor de un diente.

Ademas de esto, para poder asignar el espesor conveniente á los dientes, es preciso saber el esfuerzo que cada uno debe hacer. Este esfuerzo que ha de hacer la rueda en su circunferencia primitiva, se obtiene, dividiendo la cantidad de trabajo en kilógramos que hace ó trasmite dicho punto, por la velocidad en la circunferencia de su círculo primitivo.

1.er Ejemplo: Una rueda dentada cuyo rádio es de 2 métros en su circunferencia primitiva, debe trasmitirla una cantidad de trabajo de 500 ks. con una velocidad de 10 vueltas por minuto; qué esfuerzo tendrá que hacer cada diente?

$$\text{Velocidad en la circunferencia primitiva} = \frac{6{,}28 \times 2 \times 10}{60}$$

$$= 2{,}09, \text{ y } \frac{500^{k\ m}}{2{,}09} = 239^{k} \text{ esfuerzo de cada diente.}$$

En cuanto al espesor que se le ha de dar, se tiene la fórmula $5 = 0{,}105\ r\ p$ para el hierro colado, en que 0,105 es un coeficiente ó multiplicador constante para dicha materia y p el esfuerzo qué sufre.

En el ejemplo precedente en que $p = 239^{k}$, el espesor del diente será $5 = 0{,}105 \sqrt{239} \times 1{,}62$, siendo entónces el paso $2{,}1 \times 1{,}62 \times 3{,}^{c}40$.

Tratándose de una rueda de cobre, la dimension $1{,}^{c}62$, deberá aumentarse una cuarta parte, y será $1{,}^{c}62 \times \frac{1{,}62}{4}$ $\times 2{,}^{c}02$ siendo el paso entónces, $2{,}1 \times 2{,}02 \times 4{,}^{c}24$.

Si la endentadura es de madera, el aumento seria de $\frac{1}{3}$

siendo el espesor de los dientes $1{,}62 \times \frac{1{,}62}{3} = 2{,}^{c}16$ y el paso $2{,}1 \times 2{,}^{c}16 = 4{,}^{c}53$.

2.º Ejemplo: Una rueda hidráulica de $2{,}^{m}10$ de rádio tiene una velocidad de $1{,}^{m}60$ por segundo en su circunferencia ó bien una fuerza de 15 caballos, esto es, $15 \times 75^{k\,m} = 1125$ kilográmetros: Sobre su eje está colocada una rueda dentada de hierro colado, cuyo rádio es de $1{,}^{m}65$ y se pregunta: 1.º Qué esfuerzo hará cada uno de sus dientes, y 2.º qué espesor deberán tener.

$$\text{Esfuerzo } P = \frac{1125^{k\,m} \times 2{,}^{m}10}{1{,}6 \times 1{,}65} = 89\text{ks},^{k}7.$$

$$\text{Espesor} = 0{,}105\sqrt{894{,}7} = 3{,}^{c}05$$

$$\text{Paso} = 2{,}1 \times 3{,}05 = 6{,}^{c}40.$$

Aquí se vé que conociendo la cantidad de trabajo trasmitida á una rueda en su circunferencia, se determina el esfuerzo que á cierta distancia dada del eje, sufre, dividiendo la cantidad de trabajo por la velocidad correspondiente á la dicha distancia.

3.º Ejemplo: A una rueda dentada y de hierro colado se le comunica en su circunferencia, animada de una velocidad de $1{,}^{m}30$, un esfuerzo de 3 caballos vapor, cual será el espesor que deberán tener sus dientes?

$$\frac{3 \times 75^{k\,m}}{1{,}^{m}30} = 173^{k} \text{ y } 5 = 0{,}105\sqrt{173} = 13^{\text{milits.}}6$$

Si los dientes fuesen de madera, el espesor seria $13{,}^{\text{milt.}}6 \times \frac{13{,}^{\text{milt.}}6}{3} = 18{,}^{\text{milt.}}1$

LECCION 3.ª

Rozamiento en los engranajes y longitud de las correas.

La cantidad de trabajo que absorve el rozamiento en un engranaje, se determina segun Morin, por la fórmula

$$0{,}329 \times n \times f \times e \times \frac{(m \times m')}{(m \times m')} r$$

en la que n representa el número de vueltas de la rueda motora por minuto, f la relacion entre el rozamiento y la presion, e el esfuerzo medio trasmitido, m y m' el número de dientes de las ruedas y r el rádio primitivo.

Esta fórmula traducida dice que: Se multiplicará el número de vueltas de la rueda movida por la fraccion 0,329, por la relacion entre el rozamiento y la presion, por el esfuerzo que se ha de trasmitir á la rueda y por el rádio del círculo primitivo; se dividirá despues la suma de dientes de las ruedas por su producto, y multiplicando el cuociente por el primer producto obtenido, el resultado será la cantidad de trabajo absorvido en un segundo.

Ejemplo: Qué cantidad de trabajo absorverá por efecto del rozamiento una rueda con un piñon, ambos de hierro colado y engranados convenientemente, teniendo la rueda 18 dientes y el piñon 45, siendo ademas el esfuerzo medio trasmitido de 240^k, el número de vueltas de este piñon 50 por minuto, y el rádio de su círculo primitivo $0,^m40$.

Segun la fórmula sustituyendo en vez de las letras sus

valores; $0,329 \times 50 \times 0,08 \times 240 \left(\frac{180 \times 45}{180 \times 45}\right) 0,40 = 3^{k}\,,^{m}50$

Si el piñon diese 35 vueltas por minuto, el rozamiento absorveria en cada una de ellas: $3^{k\,m}50 \times \frac{60}{35} = 6^{k\,m}$ ó bien $\frac{6}{75} = 0,08^{cv}$

Tabla de las dimensiones que corresponden al paso y espesor de los dientes conociendo la presion á que deben resistir.

PRESION EN KILOG.s	HIERRO COLADO.		DIENTES DE MADERA		PRESION EN KILOG.s	HIERRO COLADO.		DIENTES DE MADERA	
	ESPESOR EN MIL.s	PASO EN MIL.s	ESPESOR EN MIL.s	PASO EN MIL.s		ESPESOR EN MIL.s	PASO EN MIL.s	ESPESOR EN MIL.s	PASO EN MIL.s
5	2,3	4,9	3,2	6,8	175	13,8	29,1	19,1	40,2
10	3,3	6,9	4,7	9,8	200	14,8	31,1	20,2	42,5
15	4,0	8,5	5,6	11,8	225	15,7	33,0	21,7	47,6
20	4,6	9,7	6,4	13,4	250	16,6	34,8	22,9	48,1
30	5,7	12,0	7,9	16,6	275	17,3	36,3	23,9	50,2
40	6,6	13,9	9,1	19,2	300	18,2	38,1	25,1	52,6
50	7,4	15,6	10,2	21,5	350	19,6	41,2	27,1	56,9
60	8,1	17,0	11,2	23,5	400	21,0	43,2	29,0	60,9
70	8,7	18,4	12,1	25,4	500	23,4	49,1	32,3	67,9
80	9,4	19,7	12,9	27,3	600	25,7	54,0	35,5	74,6
90	9,9	20,8	13,7	28,8	700	27,7	58,2	37,2	78,3
100	10,5	22,0	14,5	30,4	800	29,7	62,4	41,0	86,2
125	11,6	24,4	16,1	33,8	900	31,5	66,1	43,5	91,3
150	12,8	26,9	17,7	37,1	1000	33,2	69,6	45,8	96,2

En esta tabla el espesor de los dientes de hierro colado se ha hallado por la fórmula $E=0{,}105\sqrt{P}$. El paso, multiplicando el espesor por 2,1. El ancho se obtendrá multiplicando el espesor que señala la tabla por 4, 5, 6 segun la velocidad sea menor ó mayor de $1{,}^{m}50$ ó bien se humedezca la endentadura con agua.

Las dimensiones principales de una rueda dentada se derivan del espesor de sus dientes. Por ejemplo, la altura tomada en la prolongacion del rádio, es generalmente igual á su espesor mas un tercio. Si dos ruedas engranan entre sí, la altura se determina prácticamente, colocando dos de los dientes sobre la línea de los centros y quitando la parte que impida se verifique el contacto entre los dientes inmediatos.

El grueso del anillo de hierro debe ser igual en direccion del rádio al espesor de los dientes.

Aplicando los anteriores datos á una rueda dentada y de hierro colado, cuyos dientes tienen 20 milímetros de espesor, se tendrá que las dimensiones restantes serán: para una velocidad de $1{,}^{m}40$, el grueso del diente seria $20\times4=80$, la altura $20\times\frac{20}{3}=26$ milí.^{s} 6; grueso del anillo 20 milí.^{s}, paso $20\times2{,}1=42$ milí.^{s}

En las ruedas dentadas de hierro colado el grueso de los rayos cerca del cubo se obtiene por la fórmula $a\,b^2=\frac{P\,L}{125}$ en la que a representa el grueso constante del brazo, b que es $\frac{4}{5}$ del rádio contados desde el cubo al anillo, por lo

que se hace siempre $b=5,5a$; P es la presion ejercida y L longitud de dicho brazo en centímetros.

Ejemplo: Qué grueso se deberá dar á el brazo en su union con el cubo de una rueda de hierro colado en la suposicion de que el esfuerzo $P=1200^k$ y $L=150$ cent.

Se tendrá $a\,b^2=\dfrac{1200\times150}{125}=1440^{c\,q}$; y $\dfrac{1440}{5,5^2}=47,63$

y $\sqrt[3]{47,63}=3,^c6$ que es el valor de a: con lo que b será=

$3^c,6\times5,5=19^c8$ grueso del brazo en el cubo y $\dfrac{4}{9}\times19^c8$

$=15^c8$ en el anillo.

Con el fin de evitar el ruido se emplea generalmente en las fábricas engranajes cuyos dientes son de madera, que engranan en otros de hierro: el rozamiento es mas suave, observándose que lo mismo se gastan los dientes de hierro y los de madera, siendo el desgaste de un milímetro en un año de trabajo diario.

Tambien se obtienen las dimensiones de las ruedas dentadas de hierro colado guiándose por las siguientes proporciones:

Si por ejemplo es 400 el diámetro de la rueda y 40 el número de dientes que tiene será: 400: 40=10 y 10×10=100 ancho de los dientes; y 10×2=20 altura de ellos. Ademas 20:5=4 y por tanto 4×2=8 estremo del diente y 4×3=12 su flanco; 10×3,14=31,40 paso; 31,40:2=15,70 grueso del anillo y brazos; 10×10=100 grueso del brazo junto al cubo y 100:4=25 ó bien 25×3=75 el del mismo brazo junto á el anillo.

Resulta pues segun este cálculo, que el cuociente de la division del diámetro de la rueda por su número de dientes sirve de base para llegar á obtener las demás dimensiones.

Engranaje de un tornillo sin fin. Cuando se quiere pro-

ducir un movimiento muy lento, se hace engranar una rueda con un tornillo sin fin, pues para cada diente de aquella dá una vuelta entera el tornillo.

Para calcular el rádio de la rueda en este caso á fin que dé una revolucion completa mientras el tornillo dé un cierto número de vueltas se emplea la fórmula $r=\frac{n \times p}{6,28}$ que se traduce así: Multiplíquese el número de vueltas n del tornillo, por una de la rueda y por el paso p y divídase el resultado por 6,28, el cuociente representará el rádio buscado.

Longitud de las correas. Un sábio ingeniero M. Carrillon admite que una correa puede trasmitir la fuerza de un caballo vapor, siempre que tenga un ancho y una velocidad tales que en un segundo de tiempo desarrolle una superficie de 1500 cent. cuadrados. Segun este dato la fórmula que sirve para determinar el ancho de las correas es $L=\frac{1500 \times F}{v}$ en la que F espresa la fuerza en caballos, v la velocidad en centímetros de la correa por segundo y L su ancho en centímetros tambien.

Así para una resistencia $F=2$ caballos vapor y una velocidad $v=3$ métros se tendrá $L=\frac{1500^c \times 2}{300^c}=10$ cent.

Obsérvese que para que las correas tengan alguna duracion es preciso no estirarlas mucho, esto es, que se ha de procurar siempre que la relacion entre los diámetros de las poleas que se mueven sea como 1 á 3.

Es preferible emplear poleas cuya superficie sea lisa y que la correa abrace el mayor arco posible de ellas.

CAPITULO V.—LECCION 1.ª

Resistencia de los materiales de construccion.

Uno de los puntos mas difíciles de tratar en mecánica, con cierta precision, es la resistencia que presentan las piezas en proporcion al esfuerzo que de ellas se exige. Reiteradas esperiencias sin embargo han dado á conocer unos coeficientes numéricos y varias fórmulas ó reglas por medio de las que en cada lazo, se obtienen satisfactorios resultados que discrepan muy poco de la exactitud.

Las clases de esfuerzo á que se puede someter un cuerpo, son cuatro. 1.º De traccion; 2.º de presion; 3.º de flexion, y 4.º de torsion.

En este capítulo se consignan al máximun las resistentencias que los cuerpos presentan sin que se rompan ni sufran alteracion.

Resistencia á la traccion.

Llaman cohesion de un sólido, la fuerza que liga las fibras entre sí y que impide que le rompa en sentido longitudinal.

La fuerza de traccion al contrario es la que obrando en dicho sentido tiende á romper ó separar las fibras del cuerpo sometido á ella. Así es que la fuerza de cohesion y la de traccion son fuerzas directamente opuestas.

La resistencia que presenta un cuerpo á la accion de esta última fuerza es tanto mayor, cuánto mas grande es la superficie de su seccion trasversal, resultando como axioma, que la resistencia que un cuerpo opone á la fuerza

de traccion, es directamente proporcional á su seccion trasversal.

Resistencia á la presion.

Una fuerza se llama compresiva ó de presion, cuando obrando en sentido de las fibras de un cuerpo tiende á rechazarlas ó aplastarlas y es proporcional la resistencia que presenta el cuerpo, á su seccion trasversal.

Las piezas sometidas á la fuerza de traccion ó de presion presentan una resistencia proporcional á la superficie de rotura; conviene observar que en la fuerza de traccion no influye la longitud de la pieza sometida á ella, siempre que el peso no pueda afectar sensiblemente el esfuerzo aplicado, mientras que en la de presion la longitud de la pieza modifica el coeficiente.

La tabla siguiente dá los coeficientes de traccion ó resistencia por centímetro cuadrado de seccion trasversal, y ademas los coeficientes de presion para piezas, cuya longitud es menor que doce veces la menor dimension de las que forman su seccion trasversal.

CUERPOS.	COEFICIENTES DE TRACCION.	COEFICIENTES DE PRESION.
	kilógramos.	kilógramos.
Piedras. Gres muy duro.	«	90
Piedras. Mármol id.	«	100
Piedras. Gres.	«	0,40
Piedras. Mármol blanco.	«	30
Piedras. Ladrillo muy duro.	«	15
Piedras. Idem comun.	«	4
Piedras. Yeso.	0,40	6
Piedras. Mortero de 18 meses.	0,90	4
Piedras. Idem comun.	0,30	2,50
Piedras. Piedra caliza dura.	«	50
Piedras. Granito duro.	«	70
Piedras. Idem comun.	«	40
Cuerdas y correas. Cuerda de cáñamo seca.	125	«
Cuerdas y correas. Idem húmeda.	82	«
Cuerdas y correas. Idem embreada.	95	«
Cuerdas y correas. Correa de cuero.	25	«
Maderas. Encina 1.ª calidad.	196	30
Maderas. Idem comun.	120	19
Maderas. Pino de 1.ª	200	37,50
Maderas. Idem mediana.	140	9,7
Maderas. Fresno.	220	«
Maderas. Álamo.	25	«
Hierro forjado y alambre de id. 1.ª calidad.	1000	1000
Idem comun.	650	«
Idem de marca gruesa.	400	«
Cadena de hierro.	2000	«
Cable de alambre.	500	«
Acero superior.	1500	«
Acero inferior.	333	«
Chapa de hierro en sentido del laminado.	700	«
Idem en id. perpendicular á id.	600	«

CUERPOS.	COEFICIENTES DE TRACCION.	COEFICIENTES DE PRESION.
	kilógramos.	kilógramos.
Cobre rojo laminado.	300	«
Idem fundido	150	«
Fundicion	200	200
Zinc láminado.	60	«
Plomo id.	20	«
Estaño fundido.	30	«

Observaciones. La esperiencia ha probado que se puede sin temor de rotura someter el alambre de hierro á un esfuerzo de traccion de 40^k por millímetro cuadrado. Los coeficientes de traccion y presion de la tabla anterior, representan el número de kilógramos, que por milímetro cuadrado de seccion pueden soportar; pero multiplicando los coeficientes de traccion por 10, 5 ó 6 segun se opere con piedras, madera ó metales, se tendrá la fuerza capaz de producir la rotura; asimismo si se multiplican los coeficientes de presion por 10, 5 ó 4, se tendrá la de presion que producirá tambien el aplanamiento y rotura.

La variacion que por efecto de la longitud de las piezas, sufren los coeficientes de presion, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla de la variacion de coeficientes de presion segun la longitud de las piezas en relacion á su menor dimension trasversal.

CUERPOS.	12 veces	24	48	60
Encina 1.ª calidad. . .	25,0	15,0	5,0	25
Idem endeble.	8,4	5,6	«	«
Pino 1.ª.	31,0	18,7	7,5	«
Idem endeble.	8,2	4,9	«	«
Hierro forjado. . . .	839,0	500,0	17,0	84,0
Fundicion grís. . . .	1670,0	1000,0	333,0	167,0

LECCION 2.ª

Aplicaciones.

La regla para calcular la fuerza de traccion consiste en multiplicar la seccion trasversal de la pieza por el coeficiente correspondiente que dá la tabla.

1.er EJEMPLO: Determinar la fuerza de traccion de una barra de hierro rectangular de 0,04 de largo por 0,m03 de grueso.

Seccion trasversal=4c×3c=12 cent. cuadrados; los coeficientes para hierro de esta dimension=650, y 12c cuadrados×650=7800k peso que podrá resistir sin romperse la espresada barra, y el que se necesitaria para conseguirlo 7800×6=46800k

Para determinar la seccion trasversal que deberá tener una pieza segun la fuerza de traccion á que se ha de so-

meter, se dividirá esta resistencia por el coeficiente que corresponda.

Ejemplo: Cuál deberá ser la seccion trasversal de una barra de hierro para que pueda resistir sin alteracion un esfuerzo de 7800k? $\frac{7800}{650}=12$ cent. cuadrados.

Si la pieza es rectangular y se conocen una de sus dimensiones, el largo por ejemplo igual á 4 cent., la otra dimension se obtendrá dividiendo la seccion 12 cent. cuadrados por dicha longitud 4 y asi $\frac{12}{4}=3^c$ será el espesor.

Cuando la pieza es cuadrada se averigua el lado estrayendo la raiz cuadrada de la seccion trasversal, por ejemplo, $\sqrt{12^{c\ c}}=3^c,47=$lado

2.° Ejemplo: Determinar el peso que podrá soportar sin alteracion una varilla hecha de cavilla de hierro de 2,c5 de diámetro.

Seccion cilíndrica$=\frac{\pi d^2}{4}=0,785\times 2,^c5^2=4,^{cc}90\times 650=$ 3185k.

Sabiendo esto se determinaria la seccion cilíndrica que deberia tener dividiendo 3185 por 650 y seria 4,cc90: en cuanto al diámetro se obtiene por $D=\frac{\sqrt{4,90}}{0,785}=2,^c5$

3.° Ejemplo: Qué esfuerzo podrá soportar una correa de 9 cent. de largo por 1,c30 de grueso sin romperse?

$9\times 1,30=11,^{cc}7$ y $11,^{cc}7\times 25=292,^k5$.

Sabiendo el esfuerzo 292,^{k}5 y el espesor 1,30 se sabrá el largo por la doble operacion siguiente: $\frac{292,^k5}{25}=11,^{cc}7$ seccion trasversal y $\frac{11^{cc}7}{1,3}=9$—

La resistencia que opone una pieza á la fuerza de presion, se determina: Multiplicando la seccion trasversal de ella por el coeficiente de presion que le corresponda modificado segun su longitud.

1.er Ejemplo. Determinar el peso ó carga que puede resistir con seguridad un pilar de enciua de primera calidad, cuya seccion es de 16 cent. de lado suponiendo que la longitud es menor que 12 veces el lado de la seccion espresada.

Seccion$=16\times16=265$ cent. cuadrados y $256\times$coeficiente $30=7680^k$

2.º Ejemplo: Qué carga soportará con seguridad una columna maciza de hierro colado, cuyo diámetro es de 15 cent. y la longitud 48 veces dicha dimension?

Coeficiente reducido$=333^k$; seccion circular$=0,785\times15^2=176,^{cc}6$ y $176,6\times333=58807,^k8$ peso que se pide.

Sabiendo de antemano la carga que han de soportar las piezas, se determina su seccion dividiendo la resistencia por el coeficiente que corresponda.

Ejemplo: Cuál deberá ser la seccion trasversal y por tanto el diámetro de una columna de hierro colado, cuya longítud es 48 veces el diámetro para que pueda soportar un peso de 58807,^{k}8? $\frac{58807,8}{333}=176,^{cc}6$ y $\frac{\sqrt{176,6}}{0,785}=15,^c$ diámetro de ella.

LECCION 3.ª

Flexion.

La resistencia que una pieza presenta á la flexion es la fuerza que opone á toda carga que obra en direccion perpendicular á su longitud, como se vé en los soportes, palancas, balancines etc.

Puede someterse un cuerpo á la fuerza de flexion de varias maneras: Unas veces la pieza está empotrada por uno de sus estremos en la pared, mientras que gravita cierto peso en el otro; otras fija por su parte media sufre un peso cualquiera en cada una de sus estremidades: otras en fin hallándose empotrada por sus estremos carga el peso en parte media.

1.º Caso en que la pieza se halla empetrada por uno de sus estremos y soporta cierto peso en el otro, fig. 57.

Sea P el peso colocado á una distancia L en centímetros del punto de encastre en el muro R un coeficiente numérico variable a dimension en cent. de la seccion trasversal de la pieza b la vertical de la misma seccion y la fórmula será: $P=\frac{R\times ab^2}{6\ L}$ por la que se puede determinar al maximun la carga que puede resistir sin alteracion una pieza de seccion rectangular empotrada en un muro por uno de sus estremos.

El coeficiente $R=600$ para el hierro dulce, 750 para hierro colado y 60 para encina ó pino.

Sustituyendo estos valores de R en la fórmula anterior se obtienen para una pieza de seccion rectangular.

$P=\frac{600\times ab^2}{6\ L}$ ó bien $P=\frac{100\times ab^2}{L}$ para el hierro dulce.

$$P=\frac{750\times ab^2}{6\,L} \text{ ó bien } P=\frac{125\times ab^2}{L} \text{ por el hierro colado}$$

$$P=\frac{60\times ab^2}{6\,L} \text{ ó bien } P=\frac{10\times ab^2}{L} \text{ por madera.}$$

De aquí se deducen las reglas siguientes:

Multiplíquese la dimension horizontal en centímetros, de la seccion trasversal de la pieza rectangular, por el cuadrado de la altura y por un coeficiente numérico variable segun la materia; divídase luego dicho producto por la longitud de la pieza y el cuociente espresará en kilógramos el peso que sin alteracion puede resistir la pieza en cuestion.

De esta regla se deduce, que la resistencia trasversal está en razon inversa de la longitud que tiene la pieza, que se halla sometida á la fuerza de flexion y directamente proporcional á su ancho y al cuadrado de su espesor en sentido vertical. Segun esto es siempre ventajoso el poner de canto las piezas al tiempo de empotrarlas.

1.er Ejemplo: Qué peso podrá resistir una barra de hierro que tiene desde el encastre al punto de aplicacion de la carga, 150 centímetros y la dimension horizontal $a=$ 3 cent. siendo la vertical $b=4$ cent.?

$$P=\frac{100\times 3\times 4^2}{150}=32^k$$

Esto es en la suposicion que la pieza se ha colocado de canto; pero cuál seria el peso que resistiria puesta de plano, este siendo a dimension horizontal de 4 cent., y b la vertical de 3?

$$P=\frac{100\times 4\times 3^2}{150}=22,$$ lo que prueba evidentemente la ven-

taja que resulta de colocar dicha pieza de canto.

Si la seccion de la pieza fuese un cuadrado, $a=b$ y $a\ b^2$ seria b^2 única sustitucion que se haria en la fórmula.

Cuando la seccion es un círculo, espresando por D el diámetro la fórmula será:

Para el hierro $P=\frac{60 \times D^3}{L}$

Idem id. colado $P=\frac{75 \times D^3}{L}$

Idem madera $P=\frac{6 \times D^3}{L}$

Siempre que en los casos precedentes la pieza se halle empotrada por uno de sus estremos y sufra la carga en el otro, se determinan las otras dimensiones por las siguientes fórmulas.

Hierro, seccion rectangular $ab^2=\frac{P\ L}{100}$; cuadrada $b^3=\frac{P\ L}{100}$; cilindrica $D^3=\frac{P\ L}{60}$

Idem colado id. id. $ab^2=\frac{P\ L}{125}\ b^3=\frac{P\ L}{125};\ D^3=\frac{P\ L}{75}$

Madera id. id. $ab^2=\frac{P\ L}{10}\ b^3=\frac{P\ L}{10};\ D^3=\frac{P\ L}{6}$

De aquí resulta la regla siguiente. Multiplíquese el peso ó carga por la distancia de su punto de aplicacion al de encastre y divídase este producto por un coeficiente numé-

rico variable y el cuociente espresará en cent. cuadrados la seccion trasversal.

1.er Ejemplo. Qué seccion deberá corresponder á una barra de hierro de figura rectangular que soporta á 1,m50 del punto de encastre un peso de 32k, suponiendo la barra colocada de plano?

$$ab^2=\frac{32\times150}{100}=48,^{cc}3;\ \text{si fuese } a=3 \text{ resultaria } \frac{48}{3}=$$

16cc y $\sqrt{16}=4=b$.

2.o Ejemplo: Si en el precedente ejemplo la barra se considerase como cuadrada, cuál seria la dimension de su seccion?

$$b^3=\frac{32\times150}{100}=48 \text{ y } b=\sqrt[3]{48}=3,^{c}6$$

Si el peso de la barra pudiese influir sobre la resistencia se determinarán sus dimensiones sin tener en cuenta dicho peso y luego se calcula aproximadamente este último y se agrega la mitad de él al primer resultado obtenido.

LECCION 4.a

Piezas de igual resistencia empotradas por un estremo y sufriendo un peso en el otro.

Regularmente sucede que la rotura de una pieza encastrada por un estremo y cargada en el otro, se verifica por la línea de encastre, pues es donde obra con mas energía la fuerza de palanca que en estremo opuesto se ejerce. Así es, que determinadas todas las dimensiones segun

ya se ha dicho, para obviar este inconveniente, se disminuye la altura de la seccion de la pieza en la parte que no se ha de encastrar. La forma mas conveniente que se debe dar, es la de una curva parabólica que se traza de la manera siguiente:

Sea *L*, fig. 58, la longitud de la pieza y *c d* la altura correspondiente en la línea de encastre; divídase *L* en cierto número de partes iguales, cuatro por ejemplo, 1, 2, 3, 4, prolónguese *c d* hasta duplicar su longitud en *a*: divídase tambien *c d* en el mismo número de partes que tiene *L* y por cada uno de los puntos de division, tírense paralelas á *L* y uniendo el punto *a* con cada uno de los de division 1, 2, 3 de la línea *L* prolongando las líneas hasta encontrar á las paralelas á *L*, los puntos de interseccion con estas corresponderán á otros tantos de la curva parabólica que dá á la pieza una resistencia igual en todos sus puntos.

Piezas fijas por su medianía y con peso en cada uno de sus estremos.

Las que se hallan en este caso resistirán á un esfuerzo doble de las que están empotradas por un estremo puesto que los pesos colocados en cada uno de sus estremos obra tan solo sobre un brazo de palanca igual á la mitad de la longitud de la pieza, fig. 29, y lo mismo se verificará en una pieza apoyada en un firme por ambos estremos, y carga por su medianía, pues el peso que resista será doble que si solo se hallase empotrada ó apoyado por solo una estremidad, fig. 30. En estos casos sirve la misma fórmula anteriormente dicha modificándola; pues entonces será el coeficiente *R*, 200 por el hierro, 250 por el hierro colado y 20 por la madera.

1.er Ejemplo: Qué esfuerzo podrá resistir sin romperse una barra de hierro seccion rectangular colocada de canto por su parte media, en cada uno de sus estremos, suponiendo la dimension $a=3$ cent. $b=4$ cent. y $L=150$?

$$P=\frac{200\times3\times4^2}{150}=64^k$$

2.º Ejemplo: Cuál será el peso que podrá soportar sin alteracion un arbol de hierro colado de seccion cuadrada, ápoyado por su mediania y siendo a ó bien $b=5$ cent. y $L=2$ métros?

$$P=\frac{250\times5^3}{200}=156^k$$

Piezas que descansando por sus estremos en puntos fijos soportan ciertos pesos en puntos que se hallan á diversas distancias de los de apoyo.

Representando por l l', fig. 32, las distancias á que se hallan colocados los pesos respecto á los puntos de apoyo, la fórmula para una pieza de seccion cuadrada ó cilíndrica, es:

Hierro $b=\sqrt[3]{\frac{P\times l\times l'}{100\times L}}$ siendo cuadrada $D=\sqrt[3]{\frac{P\times l\times l'}{60\times L}}$ siendo cilíndrica.

Id. colado $b=\sqrt[3]{\frac{P\times l\times l'}{125\times L}}$ id. id. $D=\sqrt[3]{\frac{P\times l\times l'}{75\times L}}$ id. id.

Madera $b = \sqrt[3]{\frac{P \times l \times l'}{10 \times L}}$ id. id. $D = \sqrt[3]{\frac{P \times l \times l'}{6 \times L}}$ id. id.

En estas fórmulas, el diámetro D está conocido generalmente, pero cuando se trate de ruedas hidráulicas será muy oportuno el reemplazar los divisores 60, 75 y 6 por 30, 37,5,y 3.

1.er Ejemplo: Cuál deberá ser el lado de una viga cuadrada que se halla apoyada por sus estremos y cargada en su parte media con un peso de 5500k. á las distancias $l=$ 50 cent. y $l'=35$ cent. de los apoyos midiendo una longitud de 85 cent.?

$$b = \sqrt[3]{\frac{5500 \times 50 \times 85}{10 \times 85}} = \sqrt[3]{11323} = 22,^{c}5$$

2.º Ejemplo: Un arbol de una rueda hidráulica tiene 4 métros de longitud entre los cojinetes A B el peso de la rueda de 8000k y esta suspendida á 1,m50 del cojinete A; qué carga soportará cada uno de los apoyos y cuál será el diámetro del árbol?

$$\frac{8000 \times 1,50}{4} = 3000^{k}$$ carga que sufre el cojinete B.

$$\frac{8000 \times 2,50}{4} = 5000^{k}$$ carga del cojinete A.

$$D = \sqrt[3]{\frac{8000 \times 1,50 \times 2,50}{75 \times 400}} = 21^{c}5$$ diámetro del arbol, y

si hubiese choques en el sistema, se sustituiria 37,5 por 75 y el diámetro D seria igual á 27,c5.

Arboles de hierro colado: Se funden huecos por dis-

minuir su peso y se dá de espesor á sus paredes $\frac{1}{5}$ del diámetro esterior; segun esto la fórmula para determinar este último será:

1.° Obrando el peso en la medianía de él $D=\frac{\sqrt[3]{P\times L}}{12}$

2.° Si el peso obra á las distancias l y l' de los puntos, de apoyo, $D=\frac{\sqrt[3]{P\times 1\times l'}}{30\times L}$

Ejemplo: Qué diámetro y espesor deberá tener un arbol hueco de hierro colado para que resista en su parte media un peso de 3000^k siendo su longitud de 2,^{m}50?

$$D=\frac{\sqrt[3]{3000\times 2,50}}{1,20}=18,^c4 \quad y \quad e=\frac{18,4}{5}=3,^c7.$$

Si en vez de hallarse la carga en el centro estuviese á la distancia l 0,^{m}80 y l'=1,^{m}70 de los puntos de apoyo, seria:

$$D=\frac{\sqrt[3]{3000\times 80\times 170}}{30\times 250}=15,^c2 \quad y \quad e=\frac{15,2}{5}=3,^c04.$$

Piezas encastradas por sus estremos.

Las piezas que se hallan en este caso soportarán en igualdad de circunstancias un esfuerzo cuatro veces mayor que si estuviesen empotradas solo por uno de sus estremos; porque 1.° La longitud del brazo de palanca en cuyo estremo obra el peso que tiende á romperla, es menor, y 2.° porque hay dos superficies de encastre y por tanto doble resistencia, fig. 62.

Pueden servir en el presente caso las fórmulas precedentes, pero con la diferencia de que el coeficiente R deberá ser 400 para el hierro, 500 para el hierro colado y 40 para la madera.

Ejemplo: Qué peso soportará en su punto medio, sin alteracion, una barra de hierro colado de seccion cuadrada, suponiendo que el lado b de la seccion trasversal es de 5 cent. y que la distancia L del punto de aplicacion del peso á los apoyos es de 200 cent.?

$$P=\frac{500\times5^3}{200}=312^k$$

LECCION 5.ª

Resistencia á la torsion.

Llámase fuerza de torsion la que obra lateralmente sobre una pieza con tendencia á retorcerla.

Esta fuerza de torsion se observa por ejemplo en un arbol apoyado en sus gorrones y es debida á que la potencia tiende á hacerlo girar en un sentido, mientras que la resistencia se opone á dicho movimiento.

En todo eje que se halla sometido á la fuerza de torsion y á la de presion, debe dársele un diámetro relativo á la mayor de dichas fuerzas.

Este diámetro se deduce del que tienen los gorrones al que debe ser igual con un aumento de $\frac{1}{10}$ poco mas ó menos.

Como todos los ejes no se hallan sometidos á un mismo grado de fuerza de torsion se subdividen en tres clases.

La primera comprende los ejes que soportando pesos de consideracion esperimentan una gran fuerza de torsion, co-

mo sucede en los de los volantes, ruedas hidráulicas etc., que se denominan ejes protomotores. La segunda, aquellos que comunican con estos y llevan grandes ruedas dentadas. La tercera, en fin, los que son secundarios y soportan pesos pequeños.

La regla fundamental en todos es, que el esfuerzo que un gorron debe soportar está en razon directa de la potencia espresada en caballos, é inversa del número de vueltas que ha de dar el eje.

Gorrones de los protomotores.

El diámetro de estos se determina segun Buchanan, por la regla siguiente: Divídase la fuerza en caballos por el número de vueltas que dá el arbol por minuto; y multiplíquese el cuociente por 6800 para el hierro colado, 4370 para el hierro dulce y la raiz cúbica del resultado será el diámetro del gorron. De aquí se deduce que la fuerza de los gorrones es proporcional al cubo de su diámetro.

1.er Ejemplo: Qué diámetro deberá tener el gorron de hierro colado ó hierro dulce, de un arbol protomotor para trasmitir una fuerza de 10 caballos con una velocidad de 20 vueltas por minuto?

$$\frac{\sqrt[3]{10}}{20} \times 6800 = 15 \text{ cent. y } \frac{\sqrt[3]{10}}{20} \times 4370 = 12,^{c}9$$

2.º Ejemplo: A qué potencia corresponderá el diámetro de un gorron, conociendo el número de vueltas que dá el arbol por minuto?

Reglà: Hállese el cubo del diámetro, divídase por 6800 para el hierro colado, y por 4370 para el hierro dulce y el cuociente multiplicado por el número de vueltas dará la fuerza en caballos.

En el ejemplo anterior se tendria: sabiendo que son 20 el número de vueltas por minuto y que el diámetro del de hierro colado es 15 cent. y el de hierro dulce 12,c9:

$$1.^{\circ}\ (15)^3 = 3375 \text{ y } \frac{3375}{6800} = 0{,}496:\ 0{,}496 \times 20 = 10 \text{ caballos.}$$

$$2.^{\circ}\ (12{,}^{c}9)^3 = 2185{,}5 \text{ y } \frac{2185}{4370} = 0{,}5;\ 0{,}5 \times 20 = 10 \text{ caballos.}$$

Segunda clase: Las fórmulas ó reglas son las mismas que anteriormente, solo que el coeficiente 6800 para el hierro colado es ahora 3280 y el 4370 del hierro dulce es 2108.

Ejemplo: Cuál será el diámetro que se deberá dar á un arbol de segunda clase para trasmitir una fuerza de 24 caballos con una velocidad de 20 vueltas por minuto?

$$\text{Siendo de hierro colado} = \frac{\sqrt[3]{24}}{20} \times 3280 = 16 \text{ cent.}$$

$$\text{Idem de id. dulce} = \frac{\sqrt[3]{24}}{20} \times 2108 = 13^{c}8.$$

Tercera clase: Se hace el cálculo como ya se ha dicho; pero observando que el coeficiente aquí es para el hierro colado de 1640 y para el dulce 1054.

Ejemplo: Teniendo que trasmitir una fuerza de dos caballos con una velocidad de 36 vueltas por minuto, qué diámetro deberá darse á el arbol?

$$\text{Siendo de hierro colado} = \frac{\sqrt[3]{2}}{36} \times 1640 = 4{,}^{c}4.$$

Idem id. dulce $= \frac{\sqrt[3]{2}}{36} \times 1054 = 3^c 8$.

OBSERVACIONES: Siempre que se sepa el diámetro del gorron de hierro colado, se averigua fácilmente el que corresponderia á un arbol de hierro dulce, dividiendo aquel por 1,16: y recíprocamente, si se conoce el de hierro dulce se multiplicará este por 1,16; esto en el bien entendido de que todas las circunstancias sean iguales en ambos. Segun se ha manifestado ya anteriormente el diámetro del cuerpo de un arbol de hierro dulce ó colado se deduce de él que tienen ó deben tener los gorrones aunque siempre se le dá un aumento de $\frac{1}{10}$: Los coeficientes en cada uno de los casos que se han examinado, están calculados con arreglo al peso y torsion que sufren. En cuanto á los ejes, de madera su resistencia es $\frac{1}{4}$ de los de hierro por lo que sabiendo el diámetro de un eje de hierro colado para obtener el que corresponderia á otro de madera habrá que aumentar su diámetro en razon de $\sqrt[3]{4:1}$ ó bien multiplicarle por 1,6 para obtener el diámetro del eje en cuestion.

LECCION 6.ª

Resistencia de los pernos que se emplean en las máquinas.

En todo perno, el diámetro de la parte roscada es igual á los $\frac{5}{6}$ del que tienen los filetes; es decir que la espiral

penetra hasta $\frac{1}{12}$ del diámetro. La superficie es $\frac{25}{36}$ ó bien 0,694 de la correspondiente al cilindro esterior: Ahora bien, la fuerza de traccion á la que con seguridad resiste el hierro es $\frac{1}{15}$ de la resistencia que esta materia ofrece ó sea $\frac{4000^k}{15}$ esto es, 266^k poco mas ó menos por centímetro cuadrado ó $0,785 \times 266 = 208^k$ por centímetro circular: y como en un perno solo debe considerarse la seccion trasversal del cilindro que no está roscado, resulta que la resistencia que ofrece es solo $0,694 \times 208^k$ ó bien 144^k poco mas ó menos por centímetro circular.

La regla pues para calcular el diámetro de un perno se reduce *á dividir la fuerza dada en ks. por 144 y la raiz cuadrada del cuociente espresará el diámetro esterior que deberá tener los filetes de la rosca.*

Ejemplo: Suponiendo que el piston del cilindro de una máquina de vapor ejerce una fuerza de 15000^k, cuál será el diámetro de cada uno de los cuatro pernos que ligan el cilindro á la tapa?

Cada perno tiene que resistir á una fuerza de $\frac{15000}{4} = 3750$ y $\frac{\sqrt[2]{3750}}{144} = 5,^c1$. El paso de rosca es igual al diámetro esterior dividido por 6, ó sea $\frac{5,1}{6} = 0,^m0085$.

El diámetro de la tuerca es dos veces el del vástago, y su altura igual á el diámetro del mismo.

CAPITULO VI.—LECCION 1.ª

Del vapor.—Sus propiedades.—Calderas.

Se llama vapor en general al humo que se desprende de un líquido sometido á la accion de un foco de calor.

Cuando se calienta agua en una vasija, su temperatura se eleva á 100 grados del termómetro centígrado: y en este instante hay equilibrio entre la presion del aire y dicha temperatura; hierve el agua y se desprende un vapor visible. Continuando de calentar el agua su temperatura no varia; pero el esceso de calor se invierte en convertirla en vapor en su totalidad. Este vapor al aire libre carece de poder.

Pero calentando el agua en un vaso cerrado herméticamente, el vapor ocupa el espacio libre sobre dicho líquido y adquiere cierta tension ó fuerza elástica. Es tal la relacion que existe entre la presion y la temperatura que ninguna de ellas varia sin que sufra alteracion lá otra.

La concentracion del vapor en el interior de una caldera herméticamente cerrada produce la fuerza tan enérgica que posée.

Tabla de las temperaturas pesos y volúmenes del vapor bajo diversas presiones.

Presion en atmósferas.	Columna de mercurio á 0 que la mide.	Presion en kilógramos por centímetros cuadrados.	Temperatura en grados del centígrado.	Peso de un métro cúbico de vapor.	Volúmen en litros de un kilóg. de vapor á la presion y temperatura correspondientes.
	métros.	kilógramos.	grados.	kilógramos.	litros.
0,50 ó sea 1[2	0,38	0,516	82,0	0,340	3229,36
0,75 ó sea 3[4	0,57	0,776	92,0	0,451	2217,20
1,00	0,76	1,033	100,0	0,588	1700,00
1,18	0,90	1,218	105,0	0,684	1454,00
1,50	1,14	1,558	112,4	0,854	1171,56
1,75	1,33	1,809	117,1	0,984	1016,66
2,00	1,52	2,066	121,5	1,111	899,91
2,25	1,71	2,326	125,5	1,238	808,00
2,50	1,90	2,582	128,8	1,363	733,45
2,75	2,09	2,842	132,1	1,487	672,36
3,00	2,28	3,100	135,0	1,611	620,74
3,25	2,47	3,360	137,7	1,734	576,83
3,50	2,66	3,618	140,6	1,855	539,10
4,00	3,04	4,133	145,4	2,096	477,05
4,50	3,42	4,648	149,1	2,334	428,36
5,00	3,80	5,163	153,3	2,568	389,38
5,50	4,18	5,681	156,7	2,802	356,86
6,00	4,56	6,200	160,0	3,033	329,69

Presion del vapor: Llámase presion, tension ó fuerza elástica del vapor, el esfuerzo que ejerce sobre un centímetro cuadrado ó mas generalmente hablando, sobre la unidad de superficie.

La fuerza elástica del vapor se calcula con relacion á la del aire que es la que sirve de unidad.

La presion atmosférica eleva en el vacío una columna de agua á $10,^{m}33$ y una de mercurio á $0^{m},76$, lo que equivale á una presion de $1^{k},033$ por centímetro cuadrado ó á $1000 \times 1,^{k}033 = 10330^{k}$ por métro cuadrado.

Así cuando se dice que el vapor tiene la tension de una atmósfera, equivale á decir que ejerce una presion de $1,^{k}033$ por centímetro cuadrado, siendo su temperatura de 100 grados del centígrado.

Para obtener pues, dicha presion á cualquier temperatura, no habrá mas que multiplicar el número dado en atmósferas por $1,^{k}033$.

Ejemplo: Cuál será la presion por centímetro cuadrado del vapor á una tension de 5 atmósferas?

$5 \times 1,033 = 5^{k}165$.

La tercera columna de la precedente tabla se ha calculado por dicha regla.

La clasificacion de las máquinas de vapor en alta, media y baja presion, depende de la que con mas ó menos energía ejerce el vapor en la caldera.

Llámanse de baja presion, aquellas en las que el vapor adquiere en la caldera una tension de una ó una y media atmósferas; de mediana presion, cuando llega á dos ó tres atmósferas, y en fin, de alta presion si es de 4 á 8 atmósferas ó mas.

Peso de un metro cubico de vapor: La esperiencia ha demostrado que un centímetro cúbico de agua destilada

produce $1,^{lit.}700$, ó bien 1700 cent. cúbicos de vapor á 100° y á la presion de $0,^{m}76$ del mercurio equivalente á una atmósfera. Un litro ó sea un kilógramo de agua producirá pues 1700 litros de vapor á 100° y entonces un litro de vapor bajo la presion de una atmósfera y temperatura de 100° pesará $\frac{1}{1700}=0^{gr}588$, y un métro cúbico 1000 veces mas ó sea $0^{k}.5882$.

El peso de un métro cúbico de vapor á cualquier tension se determina por la fórmula $P=\frac{0,7827}{1\times 0,00375\times t}\times p$; en la que t representa la temperatura en grados centesimales y p la presion en kilógramos por centímetro cuadrado.

Ejemplo: Cuál es el volúmen en litros de un kilógramo de vapor á la temperatura de 128,°85 y bajo una presion de 190^{c} de mercurio?

$$v=\frac{349}{190}(270\times 128{,}85)=733,^{lit.}45.$$

Por esta fórmula se ha calculado la 6.ª columna de la tabla anterior.

Poder calorifico de los principales combustibles. En los hornos bien construidos, puede servir de guia la siguiente tabla, para calcular la cantidad de vapor que produce cada kilógramo de combustible en una caldera de chapa de hierro:

COMBUSTIBLE.	VAPOR QUE PRODUCE 1 KILOGRAMO DE CADA COMBUSTIBLE.
Turba comun.	1,8 á 2
Idem carbonizada. . . .	2,8 á 3
Madera secada al aire libre.	2,7
Idem id. al fuego. . . .	3,7
Carbon vegetal.	5,6
Idem id. seco.	6,0
Carbon de piedra inferior. .	5,0
Idem buena calidad. . . .	6,5
Coke.	7,0

LECCION 2.ª

Calderas de las máquinas de vapor.

La forma mas generalmente empleada para las máquinas de mediana y alta presion, es la de un cilindro prolongado con sus dos estremos esféricos, fig. 63. Estas calderas llamadas de Wolf, se hacen de chapas laminadas de hierro dulce y tambien de cobre, teniéndo estas la ventaja de resistir mas el fuego.

Las de chapa de hierro han reemplazado las de hierro colado, que solian romperse por efecto de los cambios bruscos de temperatura. Sus dimensiones varian segun las

circunstancias: sin embargo la longitud mas comun en ellas es de 5 veces su diámetro, proporcion muy adecuada tanto para la accion de la llama como para la resistencia interior.

Las de baja presion de las máquinas de Watt, tienen su fondo llano ó cóncavo, fig. 64, y producen una cantidad de vapor mayor relativamente que las cilíndricas, bien que estas son de mas duracion.

Para preservar las de Wolf del contacto inmediato del fuego y evitar recomposiciones se colocan en la parte inferior, fig. 65, dos ó tres tubos llamados hervidores, porque reciben la accion directa de la llama que va á buscar su salida, por unos orificios laterales á la chimenea. Tienen tambien por objeto dichos tubos, el aumentar la superficie. A menudo forman cuerpo con la caldera, pero á veces tambien y por la necesidad que hay de desmontarlos para recomponerlos, es preferible ligarlos por un lazo á cola de milano en las aberturas, que al efecto tienen las calderas tapando la union con un betun compuesto de 20 partes de limaduras de hierro colado bien limpia y sin oxidar una parte de sal amoniaco y media de azufre, amasado todo con orines. Por este medio se consigue el poder sentar los hervidores y recomponerlos ó poner otros nuevos.

Espesor de las calderas. Segun el reglamento se les dá un espesor segun la fórmula $E=0{,}018\times D(n\ l\ l)\times 3$ milímetros, que dá lugar á la regla siguiente: Multiplíquese el diámetro interior en centímetros por 0,018 y por el número de atmósferas menos una, añadiendo á el producto 3 milímetros.

Ejemplo: Qué espesor deberá darse á una caldera cuyo diámetro interior es de 100 cent. teniendo el vapor una tension de 5 atmósferas?

$5=0{,}018\times 100\times(5\text{-}1)\times 3^{\text{milt.}}=10^{\text{milt.}}\ 20$

Tabla de espesores de las calderas.

Diámetro.	2 atmósferas.	3 atmósferas.	4 atmósferas.	5 atmósferas.	6 atmósferas
métros.	milimetros.	milimétros.	milimetros.	milimetros.	milimetros
0,50	3,90	4,80	5,70	6,60	7,50
0,60	4,08	5,16	6,24	7,32	8,40
0,70	4,26	5,52	6,78	8,04	9,30
0,80	4,44	5,88	7,32	8,76	10,20
0,90	4,62	6,24	7,86	9,48	11,10
1,00	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00

Prueba. Se prueba su resistencia por medio de una prensa hidráulica y á una presion tres veces mayor que la que deben soportar y se vé si tienen algun defecto.

Calderas de hierro colado. Su resistencia es $\frac{1}{3}$ de las anteriores y la presion que se exige en la prueba es quintupla de la que se han de soportar.

La fuerza evaporatoria de un generador de vapor, se calcula por la superficie, esto es, por la estension de la parte que sufre la accion de la llama que se engendra en el hogar.

Calderas de Watt. En estas se debe considerar la superficie directa ó sea la que se halla en contacto con el fuego y la lateral ó sean los costados de la caldera. En estas de Watt en que el agua ocupa los dos tercios de su capacidad y el vapor el tercio restante, es muy prudente limitar la altura de las paredes laterales para que nunca puedan quemarse si acaso sucediese que bajase el nivel del agua.

Se calcula que las calderas de las máquinas de baja pre-

sion de Watt deben presentar á la accion del fuego una superficie de $1,^{mc}40$ por caballo; pudiéndose asi determinar la que conviene en cualquier máquina segun su fuerza.

1.er Ejemplo: Cuál será la superficie de calefaccion en una caldera de baja presion para una máquina de quince caballos?

$1,^{mc}40 \times 15 = 21$ métros cuadrados.

Esta superficie se distribuye dando $\frac{1}{3}$ al fondo y los $\frac{2}{3}$ restantes á las paredes laterales. La cúpula ó parte superior no entra para nada en consideracion.

2.º Ejemplo: Cuál será la fuerza de una caldera bajo las siguientes condiciones?

1.º La superficie de calificacion del fondo$=7^{mc}$

2.º Las laterales cada una$=7^{mc}$ siendo

La superficie total de 21 métros? Fuerza en caballos$=$

$$\frac{21}{140} = 15^{cv}$$

En estas clases de calderas se vé que para evaporar 1 métro cúbico de agua en una hora, se necesita próximamente 26 métros cuadrados de superficie, total de calefaccion, estando una tercera parte de ella en contacto con el fuego, calculando que cada métro cuadrado evapora $0^{m}9,0384$, ó bien $38,^{lit}4 = 38^{k}$ por hora.

Conociendo pues el peso del vapor que se consume por hora y dividiendo este peso por 38, el cuociente representará la superficie de calefaccion.

Ultimamente, puede calcularse que la capacidad de una caldera para baja presion, debe ser de $0,^{mq}566$ por caballo.

Calderas de Woolf. Las calderas cilíndricas con hervidores presentan á igualdad de volúmen mayor superficie que las de Watt. En ellas la superficie de calefaccion es los $\frac{2}{3}$ de la total de cada hervidor, mas la mitad de la de la caldera bajo el supuesto de que para cada caballo debe ser de $1,^{mc}20$.

Los hervidores tienen 50 cent. de mas que la longitud de la caldera, que en parte se embebe en la mamposteria, y en parte sale fuera del hogar, llevando adaptado un grifo; pero en los cálculos se toma por longitud de los hervidores la misma de la caldera.

Ejemplo: Cuál será la fuerza evaporatoria, en caballos, de una caldera con hervidores bajo la suposicion que sea?

Longitud de la caldera=5 métros; diámetro=$0^{m}90$.

Longitud de cada hervidor=5 métros; diámetro=$0,^{m}40$?

La superficie de calefaccion=$7,^{m}06$ en la caldera.

Id. id.=$4,^{m}21$ en uno de los hervidores.

Id. id.=$4,^{m}21$ del otro id.

Total=$15,^{mc}48$.

Ahora bien, $\frac{15,^{mc}48}{1,20}=12,^{c\ v}83$ fuerza de la caldera, y la superficie total seria $14,^{m}12$ y la de cada hervidor $5,^{m}61$.

LECCION.

Accesorios de las calderas.

Válvulas de seguridad: Las calderas tienen unos aparatos que tienen por objeto el regularizar la tension del vapor, dejando escapar parte de él cuando hay esceso. El aparato consiste en dos válvulas colocadas una en la parte anterior y otra en la posterior, cuyo contacto en la parte que

se hallan sentadas debe ser solo de un millímetro en toda su circunferencia.

El orificio de derrame de estas válvulas debe ser tal que permita libre paso á todo el vapor que la caldera puede producir.

La fórmula para determinar segun reglamento; el diámetro de dichas válvulas en las máquinas de alta presion es

$$D=2,6\frac{\sqrt{c}}{n\text{-}0412}$$

en la que *D* representa el diámetro en centímetros, *c* la superficie de calefaccion en métros cuadrados y *n* la presion efectiva en atmósferas del vapor dentro de la caldera.

Ejemplo: Qué diámetro y por tanto, qué superficie deberá darse á una válvula de seguridad, en el supuesto que *c* sea de 12 métros cuadrados y que la presion *n* sea de cuatro atmósferas?

$$D=2,6\frac{\sqrt{12^{mc}}}{4\text{-}0,412}=4,73$$

diámetro. $S=17,^{mc}76$ superficie de la válvula.

En las máquinas de baja presion se dá 5 ó 6 cent. cuadrados de superficie á la válvula por cada caballo de fuerza.

Conociendo la superficie de la válvula y la tension interior, fácil es determinar el peso que se necesitará para equilibrar esta presion.

En efecto siendo la tension del vapor de 4 atmósferas ó sea $4,^{k}132$ por centímetro cuadrado, y la superficie de la válvula de $17^{cent.c}76$; la presion total del vapor sobre ella será de $17,^{cent.}76\times4,^{k}132=73,^{k}38$. Pero en dicha válvula obra tambien y en sentido inverso la presion atmos-

férica que es de $1,^{k}033$ por cent. cuadrado y que ejercerá sobre ella en total una presion de $1,^{k}033 \times 17,76 = 18,^{k}34$ por consiguiente será preciso restar este resultado de $73,^{k}38$ y la diferencia $55,^{k}04$ será el peso neto con que será preciso cargar la válvula para equilibrar la presion interior del vapor. En la práctica para facilitar el manejo de este aparato, se hace uso de una palanca á la que se sugeta el peso de $55^{k}04$, ó bien el que convenga para que combinado con la longitud de la mencionada palanca se consiga el objeto apetecido, fig 66.

Dos cosas pueden suceder: 1.º tener que determinar para un peso dado la longitud del brazo de palanca ó sea la distancia á que se ha de colocar dicho peso; y 2.º determinar el peso conocido que sea el brazo de palanca.

Para lo primero. Se multiplicará la presion total que se ejerce sobre la válvula por el brazo mas corto de la palanca y dividirá el resultado por el peso dado: el cuociente representará el brazo mayor á cuya estremidad se ha de colocar el peso. Para lo segundo. Se multiplicará la presion sobre la válvula por la longitud del brazo mas corto de la palanca y dividirá este producto por el brazo mayor espresando entonces el cuociente el peso que se busca.

Ejemplo: Suponiendo que la presion sea de $55,^{k}04$, el peso que ha de servir de 3^{k} y el brazo mas corto de la palanca de 4 cent.: se tendrá

$$L = \frac{55,^{k}04 \times 4}{3} = 73,^{c}38 \text{ y } P = \frac{55,^{k}04 \times 4^{c}}{73,^{c}38} = 3^{k}$$

Flotador. El nivel del agua en la caldera se gradua por medio de un aparato llamado Flotador. Consta de una piedra plana de forma ovalada ó circular que queda sumergida hasta la mitad de su espesor: se halla suspendida á una varilla de laton ó acero de 3 ó 4 milt.ˢ de diámetro

y está encerrada en una cajita rellena de estopa para evitar que por los huecos se escape el vapor. La varilla va unida á una palanca que termina en un sector circular en sus estremos, fig. 67, llevando en uno de ellos suspendido un contrapeso.

Cuando el agua tiene el nivel debido en la caldera hay equilibrio entre el peso de la piedra y el contrapeso, quedando horizontal la palanca. Pero si el agua se eleva á mayor altura, la piedra se sumerge mas perdiendo algo de su peso é inclinándose por tanto la palanca del lado del contrapeso. Esto indica al fogonero que debe cerrar la llave del tubo de la alimentacion.

Si el nivel baja al contrario, la piedra sobresale mas de la mitad fuera del agua, pesa mas y la palanca se inclina hácia el otro lado, indicando debe activarse la alimentacion de entrada del agua.

El aparato descrito se funda en el principio físico, que todo cuerpo sumergido en el agua pierde de su peso una parte igual al que corresponde á el volúmen de agua que desaloja.

Sabiendo cuál es el peso P de la piedra, el p del volúmen de agua que desaloja y la longitud respectiva de los brazos a y b de palanca, se determinará el peso necesario para el equilibrio antedicho.

Restando del peso de la piedra, el del volúmen de agua que desaloja, multiplicando luego la diferencia por el brazo menor de la palanca y dividiendo por el mayor, el cuociente espresará el peso que se busca. Así suponiendo $P=10^k$, $p=3^k$, $a=6$ cent. y $b=7$ cent. si se quiere saber, qué peso equilibrará á el flotador, será $p'=\frac{(10-3)\times 6}{7}=6.^k$

En las locomotoras, el nivel del agua en la caldera la marca directamente un tubo de cristal de 10 á 12 milt.s de diámetro y bastante grueso, adaptado verticalmente á dos tubos curbos fijos en la caldera, fig. 68.

La esplosion de una caldera dimana muchas veces del poco cuidado del fogonero; pues si el nivel del agua baja sensiblemente en la caldera, la llama caldea las paredes de la çaldera y las enrojece; si en este instante se introduce el agua de alimentacion, queda súbitamente reducida á vapor adquiriendo una tension tal, que trae siempre consigo tan desastrosas consecuencias.

Para obviar en parte este inconveniente llevan las calderas ya hoy dia flotadores con silvato de alarma.

Manometro. Sirve este instrumento para medir la tension del vapor en el interior de la caldera. Los mas usados son los de aire libre y aire comprimido.

Para construir el manometro de aire comprimido se tomará un tubo de vidrio perfectamente cilíndrico y seco, cuyo diámetro sea de 8 á 9 milít.s y tenga 35 cent. de longitud, cerrado por la parte superior. La inferior se sumerge en un recipiente lleno de mercurio y que comunica, mientras funciona la máquina con la caldera por medio de una llave.

Para evitar salga ó se desperdicie el vapor se tapa herméticamente la union del tubo con una arandela guarnecida de estopas y betún ó luten.

La graduacion de este instrumento se funda en la compresion de un volúmen de aire. Entrando el agua en ebullicion dentro de la caldera, adquiere el vapor una tension de una atmósfera equilibra la presion del aire: Si en este instante se abre la llave del manometro, la presion del vapor oprimiendo el mercurio tiende á hacerlo subir por el tubo, pero el aire seco que este contiene presenta una

resistencia que lo impide; y el mercurio se estaciona en un punto que se marca con 0. Luego que el vapor adquiere mayor tension, 2 atmósferas por ejemplo, la presion es doble, el volúmen de aire disminuye reduciéndose á la mitad, el nivel se eleva hasta el punto medio del tubo y se señalará con la cifra 1, continuando del mismo la graduacion.

El trazado geométrico del manometro de aire comprimido descansa en este principio, fig. 69.

Siendo *A D* la altura del tubo tírense por los estremos de él las rectas *A B* y *D e* tómese en esta última una distancia igual á la mitad de la longitud del tubo y en la *A B* tantas cuantas atmósferas se desea señalar en el tubo. Hecho esto, si se une el punto *E* á todos los marcados en *A B* las intersecciones con la *A D* señalarán las presiones en atmósferas. Si se quisiera dividir en medias atmósferas no habria mas que unir el punto *c* con el punto medio de cada una de las anteriores divisiones.

Parrillas, carnós, chimenea, cenizero. El combustible, que es carbon de piedra, se coloca con la regularidad posible sobre las parrillas que deben estar construidas de modo que entre cada barra quede espacio suficiente para el paso del aire, sin que por eso permita se desperdicie el carbon menudo: generalmente tiene $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{3}$ de la superficie de la parrilla. En las máquinas de baja presion se dá á el emparrillado 7 á 8 decímetros cuadrados de superficie por cada caballo de fuerza. La seccion trasversal de los carnós ó sean conductos para la llama es $\frac{1}{4}$ de la superficie dicha.

La altura de las chimeneas varia entre 20 á 35 métros siendo su seccion en el primer caso de $\frac{1}{5}$ de la superficie de la parrilla y $\frac{1}{6}$ cuando tiene mayor altura.

La profundidad del cenizero está subordinada á la longitud del emparrillado; pero á veces corre en forma de

bóveda á lo largo del hogar para activar mas el tiro de la chimenea.

Segun estos datos el hogar de una caldera de 15 caballos tendrá las siguientes dimensiones.

Superficie del emparrillado$=0,^{mc}08\times 15=1,^{mc}20$ y $\sqrt[2]{1,20}=1,^{m}09$ para el lado.

Seccion del carnó$=\dfrac{1,^{mc}20}{4}=0,^{mc}30$ y $\sqrt[2]{0,30}=0,5^{m}5$ de lado.

Espacio entre las barras$=\dfrac{1,^{mc}20}{4}=0,^{mc}30$.

Seccion interior de la chimenea para una altura de 20 métros$=\dfrac{1,^{mc}20}{5}=0,^{mc}24$ y $\sqrt[2]{0,24}=0,^{m}50$ lado de ella.

Tubo y orificios. El vapor pasa desde la caldera al cilindro por un tubo cuyo diámetro, en las de baja presion, es de $\frac{1}{5}$ del que tiene dicho cilindro, dándose la misma dimension al orificio por donde se introduce en la caja de distribucion.

La seccion del tubo y orificios es pues $\dfrac{1}{25}$ de la del cilindro.

Los orificios que se cierran y abren por médio de la chapa de distribucion, tienen la forma de un rectángulo, cuyo lado menor es $\dfrac{1}{3}$ ó $\dfrac{1}{4}$ del mayor.

CAPITULO VII.—LECCION 1.ª

Máquinas de vapor.

En la mayor parte de ellas la accion del vapor consiste en la presion que alternativamente ejerce sobre la caras del piston, imprimiéndole un movimiento rectilíneo de vaiven, ya sea vertical ú horizontalmente, ya sea inclinado, movimiento que se trasforma en circular contínuo al trasmitirse al eje principal de trasmision de la fábrica.

Varios ensayos se han hecho y hacen para obtener un movimiento circular del piston ó del cilindro. Esto proporcionaria la ventaja de suprimir los órganos de trasmision intermedios y constituiria una máquina de rotacion.

Todas las máquinas que se usan son de doble efecto, esceptuando las que se destinan á los trabajos de estraccion de aguas en las minas, y pueden clasificarse del modo siguiente:

1.º Máquinas de Walt de baja presion con condensador, sin fiador y con un solo cilindro.

2.º Máquinas de Woolf de presion media con condensador, fiador y 2 cilindros.

3.º Máquinas de alta presion con condensádor, sin fiador y un solo cilindro.

4.º Máquinas de alta presion sin fiador ni condensador y con un cilindro solamente.

MAQUINAS DE BAJA PRESION. La regularidad de su marcha y fácil entretenimiento. Se emplean en aquellas localidades donde el agua abunda, pues el vapor á su salida del cilindro se pone en contacto con agua fria que adquiere 40 grados de temperatura Esta trasformacion del

vapor que se llama condensacion es de suma importancia como mas adelante se verá, á fin de facilitar la marcha de la máquina. Por término medio se consume en ellas por hora y fuerza de caballo, 5 á 6^k de combustible y $0,^{m9}$ 940 de agua para la condensacion del vapor en el mismo tiempo. El vapor generalmente que se engendra en la caldera tiene una temperatura de 1050 y su tension es de $1,^{atm.}$ 18 equivalente á $1,^{k}$ 20 de presion por centímetro cuadrado. De este modo se evita el peligro de una esplosion y es el sistema que comunmente se usa á bordo de los buques.

Tambien se construyen para el mismo objeto máquinas de presion inferior en las que el vapor posee tan solo una temperatura de 100.º

Maquinas de presion media de Woolf. Estas tienen dos cilindros de diferentes diámetros, pero de igual altura; el vapor obra en el cilindro mas pequeño con toda la tension que adquiere en la caldera, pasa luego al gran cilindro en donde ocupa mayor espacio sin cambiar por ello de temperatura: esto es á lo que se dá el nombre de fiador. El consumo de combustible es de 2, ^{k} 5 á 3, ^{k} 5 por hora y fuerza de caballo, gastándose de $0,^{m9}$ 300 á $300^{lit.}$ de agua. La ventaja que estas máquinas proporcionan consiste en la pequeña cantidad de combustible que necesitan pero en cambio están sugetas á frecuentes recomposiciones.

Maquinas de alta presion con fiador con solo cilindro y sin condensador. En estas máquinas usadas principalmente en las hilanderías, el vapor obra con toda su fuerza sobre el piston tan solo mientras este recorre cierto espacio, sufriendo luego una estension ó mejor dicho ocupando mayor espacio hasta que aquel completa su curso. Solo consumen el agua precisa y el vapor al salir del ci-

lindro se esparse por la atmósfera. Necesita 4 á 5k por hora y fuerza de caballo.

Maquinas de alta presion sin condensador ni fiador. Se distinguen por la sencillez de su construccion y el poco espacio que ocupan. Se usan principalmente en las locomotoras, pues solo necesitan el agua precisa para la alimentacion; consumen 7 á 8k de combustible por hora y fuerza de caballo, pues trabajan á una temperatura muy alta. El vapor al salir de los cilindros se esparce en el aire lo que produce un aumento de resistencia equivalente á una atmósfera. Asi es que si se calcula la tension en el cilindro de 6 atmósferas, solo se hará entrar cinco en el cálculo como potencia efectiva.

Condensacion del vapor. Para condensar el vapor basta ponerlo en contacto con el agua fria. El agua se calienta á espensas del vapor y toma una temperatura media.

En las máquinas que tienen condensador, el vapor, á su salida del cilindro se pone en contacto con el agua, resultando una mezcla cuya temperatura será de 40 grados. Bajando la temperatura del vapor, el piston encuentra, en sentido opuesto al de su marcha, menos resistencia que la que resultaria si el vapor se esparciese por la atmósfera; efectivamente la presion sobre el piston puede en un caso una fuerza equivalente á una atmósfera ó sea 1,k 033 por cent. cuadrado mientras que en el otro, solo penderá 0,k 15 próximamente.

Dados que sean, 1.º el peso de vapor que se ha de con-

N. del T. Careciendo nuestro idioma de una espresion propia equivalente á la de *detente*, esta generalmente se traduce por la de *fiador* aunque seria mas propia la palabra *expansion*.

densar; 2.º su temperatura; 3.º la que tiene el agua fria, y 4.º la que deberá tener la mezcla resultante; se calculará la cantidad de agua que se necesitará para la condensacion por medio de la regla siguiente:

Multiplíquese el peso del vapor por 550, número que ya lleva en sí la diferencia entre la temperatura del vapor y la de la mezcla; divídase el producto por la diferencia entre la temperatura de la mezcla y la del agua y el cuociente será el peso que se busca.

Ejemplo: Siendo 15^k el peso del vapor, 150.º su temperatura, 12.º la del agua fria y debiendo tener la mezcla 40.º, cuál será el peso del agua necesaria para la condensacion?

$$P=\frac{15\times(550\times150-40)}{40-12}=353,^{k}55.$$

LECCION 2.ª

Efecto útil y dimensiones principales de las máquinas de vapor.

El trabajo de una máquina de vapor, se calcula por la presion que ejerce sobre el piston, multiplicando por el espacio recorrido y por la velocidad que tiene en un segundo.

En una máquina de vapor debe buscarse la presion efectiva, que dicho vapor ejerce sobre el piston y multiplicarla por la velocidad que este tiene el producto representará el trabajo teórico.

Como en la práctica una máquina aun en buen estado de servicio solo dá 0,50 á 0,55 del efecto del motor, el producto teórico deberá multiplicarse por el coeficiente

0,50 en las que tienen menos de 12 caballos de fuerza y por 0,55 en las de mayor poder; el cuociente de la division de este producto por 75 será la fuerza en caballos vapor.

Ejemplo: Cuál será el efecto útil de una máquina de baja presion suponiendo que:

El vapor tiene una tension de 105.° que corresponde á $1,^{k}218$ de presion por centímetro cuadrado. El diámetro del piston=35 cent., su viage=$0,^{m}92$ y dando 31 golpes dobles por minuto?

Su velocidad por segundo será $\frac{0,^{m}92\times2\times31}{60}=0,^{m}95.$

La superficie del piston=$0,785\times(35)^2=960$ cent. cuadrados.

La tension del vapor es por cada cent. cuadrado=$1,^{k}218$ pero de ella hay que quitar la resistencia que opone el vapor á su salida del cilindro. Por otra parte la resistencia que presenta la mezcla cuya temperatura es de 40 grados, es $0,^{k}15$ por cent. cuadrado; la presion efectiva del vapor será pues $1,^{k}218-0,15=1,^{k}068$ y sobre la superficie total del piston es entonces de $960\times1,068=1025,^{k}28$. Multiplicada esta presion por la velocidad del piston será $1025,^{k}28\times0,^{m}95=774^{km}$ trabajo teórico y

$974^{km}\times0,50=487^{km}$ efecto útil y ademas $\frac{487}{75}=6,^{c\ v}49$

será la fuerza efectiva de la máquina.

Tabla de los diámetros y velocidades de los pistones en las máquinas de baja presion con condensador.

Fuerza en caballos.	Diámetro del piston.	Superficie del piston por cada caballo.	Presion efectiva sobre el piston-	Curso del piston.	N.º de golpes que dá por minuto.	Velocidad del piston por segundo.	Vapor consumído por minuto y por caballo.
	centímetros.	cent. cuadrados	kilógramos.	centímetros.		métros.	métros cúbicos.
1	15,2	181	0,49	51,0	50	0,850	0,924
2	21,3	178	0,49	60,9	42	0,863	0,923
4	29,5	171	0,49	76,1	34	0,900	0,923
6	35,3	163	0,49	91,4	31	0,944	0,922
8	40,4	160	0,49	106,7	27	0,960	0,922
10	45,0	159	0,49	121,9	24	0,975	0,920
12	49,0	157	0,49	121,9	24	0,975	0,920
14	52,3	153	0,49	137,1	22	1,005	0,920
16	55,3	150	0,50	137,1	22	1,005	0,900
18	58,4	149	0,50	137,1	22	1,005	0,895
20	61,0	146	0,51	152,3	20	1,015	0,890
22	63,8	145	0,51	152,3	20	1,015	0,885
24	66,3	144	0,52	169,5	18	1,016	0,878
26	68,8	143	0,53	169,5	18	1,016	0,872
28	71,0	141	0,53	169,5	18	1,016	0,860
30	72,6	131	0,53	182,8	17	1,036	0,858.

Tabla de los diámetros y velocidades de los pistones en las máquinas de baja presion con condensador.

Fuerza en caballos.	Diámetro del piston.	Superficie del piston por cada caballo.	Presion efectiva sobre el piston.	Curso del piston.	N.º de golpes que dá por minuto.	Velocidad del piston por segundo.	Vapor consumido por minuto y por caballo.
	centímetros.	cent. cuadrados	kilógramos.	centímetros.		métros.	métros cúbicos.
32	74,9	137	0,53	182,8	17	1,036	0,856
34	77,0	137	0,53	182,8	17	1,036	0,851
36	79,0	136	0,53	182,8	17	1,036	0,850
38	80,5	134	0,53	198,7	16	1,060	0,850
40	82,5	134	0,53	198,7	16	1,060	0,846
45	87,2	133	0,53	198,7	16	1,060	0,846
50	91,4	132	0,54	213,3	15	1,066	0,841
60	99,6	130	0,54	228,5	14	1,066	0,842
70	107,3	129	0,55	243,8	13	1,057	0,818
80	114,3	129	0,56	243,8	13	1,057	0,817
90	120,8	126	0,57	259,0	12	1,036	0,786
100	127,0	126	0,58	259,0	12	1,036	0,785

Un golpe de vista basta para averiguar por medio de esta tabla el diámetro que deberá tener el piston de una máquina de presion, de baja presion sabiendo de antemano su fuerza. Por ella tambien se viene en conocimiento de que la velocidad de dicho piston es de menos de un métro por segundo en las máquinas que tengan menos de 12 caballos de fuerza, mientras que en las de mayor potencia suele ser de mas de un métro. La cantidad de vapor empleada se ha calculado multiplicando la superficie total del piston por su velocidad por minuto.

Si se quisiera determinar el diámetro de una máquina de baja presion de 55 caballos por ejemplo, y no se encontrase en la tabla, bastará examinar en la tercera columna la superficie media del piston entre una de 50 y otra de 60 caballos, que es 131; y multiplicarlo por 55. De esto resultará que la superficie del piston será 7205 cent. cuadrados: si luego se divide 7205 por 0, 7854 dará por cuociente 9173c96 cuadrado del diámetro y $\sqrt{9173,6}=96,^{c}4$ representará el diámetro esterior del piston ó sea el interior del cilindro.

Espesor de los cilindros. Regla: Multiplíquese el cuadruplo de la fuerza elástica del vapor en kilóg.s sobre un centímetro circular por el diámetro y divídase por 420; multiplíquese luego este resultado por el diámetro y divídase tambien por el disminuido en la cantidad de 5,5 y añádase un centímetro por lo que se desgasta.

1.er Ejemplo: Qué espesor deberá darse á un cilindro de hierro colado de 50 cent. de diámetro, siendo la tension del vapor á baja presion de $1^{k},218$ por centímetro cuadrado ó bien $1.^{k}218\times0,785=0,^{k}95$ por cent. circular?

$$\frac{4\times0^{k}95\times50}{420}=0,45;\quad\frac{0,45\times50}{50-5,5}=0,^{c}50 \text{ y } 0,^{c}50\times1=1,^{c}5$$

2.° Ejemplo: Si en el anterior ejemplo fuese la tension del vapor 5,k 165 por cent. cuadrado ó bien $5,165 \times 0,785 = 4,^{k}05$ por cent. circular, cuál seria el espesor del cilindro?

$$\frac{4 \times 4,^{k}05 \times 50}{420} = 1,92; \frac{1,92 \times 50}{50-5,5} = 2,^{c}15 \text{ y } 2,^{c}15 \times 1 = 3,^{c}15$$

La accion del vapor en el piston se trasmite por el arbol de este á la estremidad de un balancin, que gira en su centro ligándose por el estremo opuesto á la parte superior de una biela que se halla ligada á la manivela del arbol principal de la máquina. Esta trasmision tiene por objeto el cambiar el movimiento rectilíneo alternado del piston en circular contínuo del dicho arbol.

Arbol del piston. Regla: Multiplíquese la superficie del piston espresado en centímetros cuadrados por la presion del vapor en kilóg.s sobre cada cent. cuadrado, divídase el producto por 100 y la raiz cuadrada del cuociente será el diámetro del arbol.

Ejemplo: Qué diámetro corresponderá á el arbol de un piston cuyo cilindro tiene 40 cent. de diámetro, siendo la tension del vapor en el cilindro de 4 atmósferas ó sea 4,k 132 por cent. cuadrados?

Superficie del piston $1256^{c}9,64 \times \frac{4,132}{100} = 51^{c}9,92$ y

$\sqrt{51,92} = 7^{c}2$.

Esto es en el caso que sea de hierro forjado, pues si fuese de acero, su diámetro seria tan solo los 0,6 por lo que en el ejemplo anterior el diámetro que convendria, siendo de acero el arbol seria de $7,2 \times 0,6 = 4,^{c}3$ ó sean 43 milímetros.

Curso del piston. Se determina por el doble del rádio de la manivela ó por su diámetro. En la tabla precedente y en la 5.ª columna se encuentran las longitudes correspondientes de centro á centro de las manivelas, por consiguiente no habrá mas que dividir el curso por dos. El rádio de una manivela en máquina de 70 caballos será pues

$$\frac{243,^{c}8}{2}=121,^{c}9.$$

Balancin. Segun Tredgold, la distancia entre las articulaciones del balancin debe ser 3,08 veces el curso del piston. La altura vertical en su parte media es igual á el diámetro del cilindro multiplicado por 0,86 siendo el balancin de hierro colado y su espesor $\frac{1}{16}$ de dicha dimension.

Aplicando estos datos al balancin de una máquina de baja presion y de 70 caballos de fuerza, se veria que la distancia entre los centros de sus articulaciones deberá ser $3,08\times2,488=7,^{m}50$.

Segun la mencionada tabla $107,^{c}3$ es el diámetro del cilindro y por tanto la altura vertical del balancin en su medio tendrá, $107,^{c}3\times0,86=92,^{c}2$ y su grueso $\frac{92,2}{16}=5,^{c}7=$ 57 milít.ˢ

Biela. La longitud de este órgano es generalmente cinco ó seis veces la de la manivela; su seccion trasversal en su parte media $\frac{1}{28}$ de la del piston, y en los estremos $\frac{1}{35}$ de la del dicho piston.

Bombas. En una máquina de vapor con condensador se distinguen tres especies de bombas. 1.º La del pozo que saca de este depósito el agua para verterla en la tina del condensador. 2.º La bomba de alimentacion que toma del condensador el agua para reemplazar en la caldera la que se convierte en vapor. 3.º La bomba de aire ó condensador que estrae á cada golpe de piston la mezcla de vapor y agua. Estas tres bombas se hallan fijas en el balancin.

Condensador. El curso del piston de este en las máquinas de baja presion de doble efecto, es igual á la mitad del que tiene el de vapor, por lo que su vástago se liga por medio de una articulacion en la parte media del balancin. Su diámetro es $\frac{2}{3}$ de el del cilindro de vapor, y por tanto su superficie mitad de la que corresponde á aquel.

Como en esta bomba el piston funciona solo en su movimiento ascensional, el volúmen que engendra es $\frac{1}{8}$ del que proporciona un golpe doble del piston del vapor.

La seccion de la válvula de comunicacion entre el condensador y la bomba es $\frac{1}{4}$ de la superficie de su piston y por tanto $\frac{1}{9}$ de la del piston del vapor. En fin, la cantidad de agua á 12º que se ha de inyectar es 24 veces el peso del vapor consumido en el cilindro.

Bomba para el agua fria. Debe tener un volúmen

igual á $\frac{1}{24}$ ó $\frac{1}{18}$ de el del cilindro de vapor, siendo su curso mitad de el de este.

Bomba de alimentacion. Su capacidad debe ser $\frac{1}{230}$ ó $\frac{1}{240}$ de la del cilindro.

LECCION 6.ª

Máquina de alta presion sin fiador ni condensador.

En esta clase de máquinas en que el vapor á su salida del cilindro se esparce en el aire, hay una pérdida de fuerza equivalente á una atmósfera. El cálculo de su efecto útil se efectúa por medio de la siguiente regla:

Multiplíquese la superficie del piston por el número de atmósferas menos una á que equivale la presion del vapor sobre un cent. cuadrado, y por la velocidad de dicho piston en un segundo y la division de este producto por 75 dará la potencia teórica; multiplíquese tambien este resultado por 0,45 ó 0,50 segun se trate de una máquina de mas ó menos de 12 caballos.

Ejemplo: Cuál será, por el cálculo, el efecto útil de una máquina de vapor de alta presion sin fiador ni condensador, cuyo piston tiene 50 cent.ˢ de diámetro y una velocidad de 1,ᵐ45 siendo la presion del vapor de 5 atmósferas, ó por mejor decir, de 4,ᵏ132 por centímetro cuadrado del piston?

$$\frac{0,50\times 0,785\times (50)^2\times 4,^{k}132\times 1,^{m}45}{75}=78,38 \text{ caballos}$$

vapor.

Siempre que se quiere establecer una máquina de vapor de una fuerza y sistema determinado, el primer problema que se ha de resolver, es hallar las dimensiones del cilindro; y si fuese conocida la velocidad del piston, solo se tendrá que averiguar su diámetro, lo que se verificará del modo siguiente siempre que se trate de máquinas de alta presion sin fiador ni condensador, por la regla siguiente: Multiplíquese por 75 la potencia en caballos de la máquina y divídase por 0,39, coeficiente de la velocidad del piston y de el número de atmósferas menos una que representan la presion; y la raiz cuadrada del cuociente será el diámetro que se ha de dar á el cilindro interiormente.

Ejemplo: Qué diámetro corresponderá al cilindro de una máquina de 78,38 caballos, cuyo piston ha de tener una velocidad de 1,^{m}45 y siendo la presion de 5 atmósferas?

$$D=\frac{\sqrt{78,38\times 75}}{0,39\times 1,45\times 4,^{k}132}=50 \text{ cent.}^{s}$$

Esta misma regla se aplica para determinar el diámetro del piston en las máquinas de alta presion que tienen condensador; pero en este caso, en vez de restar de la presion total una atmósfera, se suprimirá tan solo la resistencia debida á la condensacion, que se ha calculado ser igual á 0,^{k}15.

Tabla de los diámetros y velocidades de los pistones en las máquinas de alta presion sin fiador ni condensador.

Fuerza de la máquina.	Curso del piston.	N.º de golpes dobles en un minuto.	Velocidad del piston por segundo.	Diámetro de los pistones para presiones de		
				4 atmósferas.	5 atmósferas.	6 atmósferas.
	métros.		métros.	centimet.	centimet.	centimet.
1	0,40	52,50	0,20	11,3	10,0	8,76
2	0,50	45,00	0,75	15,45	13,5	11,7
4	0,60	40,00	0,80	21,0	18,0	16,0
6	0,70	36,43	0,85	24,0	21,0	18,4
8	0,80	33,75	0,90	20,7	22,7	20,0
10	0,90	31,67	0,95	28,4	24,5	22,0
12	1,00	30,00	1,00	30,0	26,0	23,0
16	1,10	28,63	1,05	32,5	29,0	25,9
20	1,20	27,50	1,10	35,0	31,2	27,8
25	1,30	26,53	1,15	37,20	34,0	30,3
30	1,40	25,71	1,20	39,4	36,0	32,0
35	1,50	25,00	1,25	41,5	38,0	33,0
40	1,60	24.32	1,30	43,5	39,3	35,0
50	1,70	23,82	1,35	48,0	43,0	38,4
60	1,80	23,33	1,40	50,9	46,0	41,0
75	1,90	22,89	1,45	55,9	50,0	44,6
100	2,00	22,50	1,50	,63,5	56,0	50.0

En esta tabla se observa que los diámetros de los pistones están en razon inversa de la presion del vapor: asi es, que en una máquina de 12 caballos, y una presion de 4 atmósferas, el diámetro del piston es de 30 cent.[s]; pasa á ser de 26 cent.[s] para 5 atmósferas, y es tan solo de 23 cent.[s] para 6 atmósferas.

Esta clase de máquinas son muy poco empleadas en la industria. La gran cantidad de combustible que consumen limitan su uso á la locomocion, por su simplicidad y poco espacio que ocupan. En ellas el diámetro de el tubo que dá paso á el vapor que viene de la caldera es $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$ del que tiene el piston, y los orificios que cierra el tiruar (1) y por los que se introduce el vapor ya en la parte anterior, ya en la posterior del piston, se les dá una seccion equivalente á $\frac{1}{10}$ ó $\frac{1}{12}$ de la del mismo piston. Dichos orificios son rectangulares y están en razon de 1:4. La abertura para el escape del vapor tiene doble dimension.

LECCION 4.ª

Cálculo del efecto útil de las máquinas con fiador.

Las máquinas que mas comunmente usa la industria, son las de Woolf, con condensador y fiador ó con fiador solo.

(1) N. del T. Se ha adaptado generalmente la palabra francesa, por abreviar dudas, pues su verdadera denominacion deberia ser chapa de distribucion.

Tienen dos cilindros y el vapor entra en el mas pequeño pasando luego al mayor. Al efectuar esto el vapor no pierde nada de su temperatura, pero su presion disminuye proporcionalmente á el espacio que ocupa. Como quiera que la adicion de otro cilindro complicaba un tanto la construccion, se ha dejado uno solo, en el cual el vapor penetra con toda su fuerza únicamente mientras verifica el piston una parte de su curso; en el momento que esto se verifica; un mecanismo especial cierra la llave de introduccion del vapor y el piston concluye su curso impelido por la cantidad de aquel fluido en el cilindro. Siempre que el vapor penetra solo mientras el piston ejecuta $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{2}$ de su curso, ocupa un volúmen 5,4,3, y 2 veces mayor y el fiador por tanto se dice que está á $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{2}$.

En algunas máquinas el mecanismo indicado permite variar el fiador segun la mayor ó menor potencia que se necesite y entonces se llaman de *fiador variable.*

La aplicacion del fiador es cuestion de economía, puesto que por cada golpe simple del piston, se consume $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{2}$ del vapor que entra en el cilindro. Debe sin embargo no abusarse de esta ventaja, pues se corre el

riesgo de hacer la marcha del motor muy irregular que solo se compensaria por medio de volantes de mucha potencia.

El cálculo de el efecto útil puede hacerse de dos modos.

1.° Fundándose en la ley de Mariotte, es decir, en que los volúmenes que ocupa una misma cantidad de vapor están en razon inversa de la presion.

Ejemplo: Supóngase una máquina con fiador pero sin condensador y con las siguientes condiciones: El diámetro del cilindro de $0,^{m}30$, el curso del piston de $0,^{m}71$, el número de golpes dobles que dá por minuto 40; la presion del vapor de 5 atmósferas y el fiador es de $\frac{3}{4}$ del curso.

El cálculo de la potencia de la máquina en la primera cuarta parte del curso del piston, se hará como para una máquina de alta presion.

Asi, siendo 30 cent.^{s} el diámetro del piston será en superficie igual á $0785 \times 30 \times 30 \times = 706,^{c}95$; como no tiene condensador solo se contará con 4 atmósferas en vez de 5, y la presion efectiva sobre la superficie de dicho piston es de $4,^{k}132 \times 706,^{c}95 = 2919,^{k}26$.

Como esta presion que se ejerce solo durante $\frac{1}{4}$ del curso del piston, el trabajo teórico será durante este tiempo igual á $2919,^{k}26 \times 0,^{m}18$ ó sea $465,^{k\,m}46$.

Dividiendo el espacio restante $0,^{m}72 - 0,^{m}18 = 0,^{m}54$ en un número par de partes iguales, 4 por ejemplo; el espa-

cio ó curso entre cada dos divisiones será $\frac{0,^{m}54}{4}=0,^{m}135$, y como la presion que tiene el vapor de espansion, se obtiene multiplicando la primitiva por la relacion que hay entre los espacios que ocupa, puede formarse un cuadro en que se espresen los espacios recorridos por el piston y las presiones correspondientes, fig. 70, en las diversas posiciones del piston.

	1	2	3	4	5
Curso	$0,^{m}18$	$0,^{m}315$	$0,^{m}450$	$0,^{m}585$	$0,^{m}72$.
Presiones	$P=2919^{k}$	$\frac{0,18}{0,315}P$	$\frac{0,18}{0,450}P$	$\frac{0,18}{0,585}P$	$\frac{0,18}{0,72}P$

Efectuando el cálculo resulta

2919^{k}	1664^{k}	1167^{k}	898^{k}	729^{k}

Para saber el trabajo útil por espansion ó sea mientras obra el fiador.

Suménse las presiones estremas $2919^{k}\times729^{k}=3648^{k}$

Multiplíquese por 2 las impares———$2\times1167^{k}=2334$

Multiplíquese por 4 la suma de las pares $4(1664\times898$ $=10248$

Total 16230^{k}

Divídase por 3 el producto de esta suma por el espacio $0,^{m}135$ comprendido entre dos divisiones y será $\frac{16230\times0,135}{3}$ $=730,^{k\,m}35$ trabajo pedido.

Si se añade este efecto al producido por el vapor en toda su fuerza durante el primer cuarto del curso, la suma

$465,^{k\,m}46 \times 730,^{k\,m}35 = 1195,^{k\,m}81$ representará la potencia teórica por cada golpe del piston.

Cuando solo se trata obtener el efecto práctico en caballos vapor, es preciso multiplicar la potencia teórica por el coeficiente 0,50 y por el número de golpes simples por minuto y dividir el resultado por 4500; así es que la fuerza efectiva de la máquina con fiador seria $\frac{0,50 \times 80 \times 1195,^{k\,m}81}{4500}$ $= 10,^{c\,v}6$ por segundo.

Como estos cálculos son bastante complicados, es de mucha utilidad la tabla siguiente de M. Poncelet. En ella se ha tomado por base el trabajo debido á un métro cúbico de vapor bajo la presion de una atmósfera en una máquina sin fiador y con un piston de un métro cuadrado de superficie, y se ha formado fundándose en el principio de que *siempre* que un volúmen de vapor bajo determinada presion, ocupa por espansion un espacio dos veces mayor que el primitivo, la cantidad de trabajo que produce permanece la misma.

Tabla de la cantidad de trabajo que bajo diferentes espansiones y tensiones produce un métro cúbico de vapor.

VOLUMEN POR ESPANSION.	CANTIDAD DE TRABAJO PARA PRESIONES DE					
	3 ATMOSFERAS.	4 ATMOSFERAS.	4 1/2 ATMF.	5 ATMOSF.	5 1/2 ATMF.	6 ATMOSF.
	kilógramos.	kilógramos.	kilógramos.	kilógramos.	kilógramos.	kilógramos.
1,00	31000	41333	46500	51666	56833	62000
1,25	37917	50556	56875	63195	69514	75834
1,50	43569	58092	65303	72615	79876	87138
1,25	48348	64464	72522	80500	88638	96696
2,00	52488	69984	78732	87480	95228	104976
2,25	56139	74852	83208	93565	102921	112278
2,50	59406	79208	89109	99010	108911	118812
2,75	62361	83148	93541	103935	114328	124722
3,00	65058	86744	97587	108430	119273	130116
3,25	67539	90052	101308	112565	123821	135078
3,50	69737	93146	104755	116395	128034	139674
3,75	71976	95968	107964	119960	131956	143952
4,00	73976	98632	110961	123290	135619	147948
4,50	77625	103500	116437	129375	142312	155250
5,00	80892	107856	121338	134820	148302	161784

El trabajo de una máquina sin condensador y en la que se conoce el diámetro y curso del piston, la presion y el grado de espansion, se determina con el auxilio de la tabla anterior y la regla siguiente:

Multiplíquese la superficie del piston por el espacio que recorre mientras el vapor obra sobre él con toda su fuerza resultando el volúmen de vapor consumido en cada golpe; multiplíquese luego este volúmen por la cantidad de trabajo correspondiente en la tabla al grado del fiador y al número de atmósferas menos una, y este producto tambien por el coeficiente 0,50 y por el número de golpes simples del piston en un minuto y en fin, divídase por 4500; el cuociente dará á conocer el efecto útil que se apetece.

Sea por ejemplo, la máquina antes citada, con fiador y sin condensador, cuyo cilindro tiene 30 cent.s de diámetro y el curso del piston es de 0,m72 con una velocidad de 80 golpes simples por minuto. El vapor bajo la presion de 5 atmósferas solo se obra durante $\frac{1}{4}$ del curso del piston. La superficie de este será=0,785×0,mc30×0,mc30=0,mc07065. El volúmen de vapor consumido=0,mq 07065×0,18=0mq,0127. El que adquiere por espansion despues de cerrada la llave del fiador es cuatro veces el primitivo y como segun la tabla el trabajo es entonces 98632k m resulta que el que corresponderá á 0,mc0127=98632×0,0127=1252,k m62, efecto teórico por cada golpe de piston y

$$\frac{0{,}50 \times 80 \times 1252{,}^{k\,m}62}{4500} = 11{,}134$$ caballos, efecto útil por segundo.

En una máquina sin condensador y en la que se conoce el curso del piston, el grado de espansion del vapor, la presion y la fuerza nominal, se determinará el diámetro que corresponde á el piston del modo siguiente:

1.° Multiplíquese la fuerza en caballos por 4500 y divídase el producto por el coeficiente 0,50 y por el número de golpes simples que dá el piston, el cuociente será el trabajo teórico por cada golpe. 2.° Divídase este cuociente por la cualidad de trabajo que corresponde á un métro cúbico de vapor segun el grado de espansion y al número de atmósferas, menos una que marcan la presion y se tendrá el volúmen de vapor consumido en cada espacio parcial del total que recorre el piston. 3.° Divídase este volúmen por dicho espacio parcial y el cuociente representará la superficie del piston. 4.° Divídase esta superficie por 0,785 estráigase la raiz cuadrada y se tendrá el diámetro buscado.

Ejemplo: Cuál será el diámetro del piston de una máquina de vapor con fiador y cuya espansion es cuatro veces el volúmen primitivo, suponiendo el curso de 0,m72, la velocidad de 80 golpes por minuto siendo la presion de 5 atmósferas y debiendo producir un efecto útil de 11, cab. 134?

$$\frac{11,^{c.v}144\times4500}{0,50\times80}=1352,^{km}62 \text{ trabajo teórico.}$$

Este efecto 1252, k 62 divídase por 98632k que es el de un métro cúbico con espansion igual á cuatro veces el volúmen primitivo y que segun la tabla corresponde á 5-1 atmósfera ó sea 4, dá un cuociente de 0,mc0127 que es el volúmen de vapor que en cada golpe se consume. Dividido este volúmen por la cuarta parte del curso, $\frac{0,62}{4}=0,18$; el cuociente de $\frac{0,0127}{0,18}=0,^{mc}07065$ será la superficie del pis-

ton, y en fin, $\frac{\sqrt{0,07065}}{0,785}=0,^{m}30$ diámetro pedido.

El mismo método se seguirá para toda máquina con fiador cualesquiera que sean las demás circunstancias.

Tabla de los diámetros correspondientes á el piston en las máquinas de vapor de doble efecto sin fiador ó sea de espansion variable y sin condensador bajo la presion de 5 atmósferas.

Fuerza.	Curso del piston.	N.° de golpes dobles por minuto.	Velocidad del piston en 1 segundo.	Espansion. a $\frac{1}{5}$ diámetro del piston.	a $\frac{1}{4}$ diámetro del piston.	a $\frac{1}{3}$ diámetro del piston.	a $\frac{1}{2}$ diámetro del piston.
	centimet.		centimet.	centimet.	centimet.	centimet.	centimet.
1	40	52,50	70	14,6	13,7	13,0	10,9
2	50	45,00	75	19,8	18,5	17,5	15,0
4	60	40,00	80	26,8	25,1	23,8	20,0
6	70	36,43	85	32,9	30,8	29,0	24,4
8	80	33,75	90	35,1	32,8	31,0	26,0
10	90	31,67	95	37,9	35,5	33,7	28,0
12	100	30,00	100	40,0	37,5	35,6	29,7
16	110	28,63	105	44,9	42,0	39,9	33,7
20	120	27,50	110	48,4	45,2	43,0	35,9
25	130	26,53	115	52,6	49,2	46,7	39,0
30	140	25,71	120	56,0	52,4	49,7	41,6
35	150	25,00	125	58,8	55,0	52,0	43,6
40	160	24,32	130	61,0	57,0	54,0	45,2
50	170	23,83	135	66,0	61,9	58,8	49,0
60	180	23,33	140	70,9	66,3	63,0	52,7
75	190	22,89	145	77,3	72,3	68,7	57,3
100	200	22.50	150	89,8	84,0	80.0	66.4

Las reglas precedentes se aplican á las máquinas de Woolf con dos cilindros.

En estas, el grado de espansion se determina por la relacion que hay entre la capacidad de dichos cilindros, puesto que el vapor comprime al principio el piston pequeño con toda su fuerza y pasa luego al otro cilindro en el que obra por espansion. Si tuviesen condensador, solo se deberá restar de la presion que marca el manómetro la de 0,k 15 por cent. cuadrado debida á la condensacion.

LECCION 5.ª

Regulador ó péndulo cónico de Watt.

El regulador de bolas, fig. 71, se emplea en las máquinas de vapor con mas aceptacion que en las ruedas hidráulicas, y su nombre indica claramente el objeto á que se destina.

Este aparato recibe el movimiento por medio de ruedas dentadas ó poleas del arbol ó eje del volante de la máquina y segun se elevan mas ó menos las bolas hace se abra tambien mas ó menos la llave del tubo que conduce el vapor de la caldera. Cuando el movimiento de la máquina se hace mas lento, el peso de las bolas no puede equilibrarse con la fuerza centrífuga que las animaba y hace que se unan; al efectuar esto los brazos, á que están unidas resbalan á lo largo de un eje vertical y hacen avanzar un anillo cilíndrico, el cual por medio de un sistema de palancas abre la válvula ó llave de introduccion del vapor y aumenta la velocidad del motor. Si, al contrario, sucediese que la velocidad de la máquina fuese mayor de la debida, la fuerza centrífuga sobrepuja la que ejerce el peso de dichas bolas, y hace que se separen; el anillo mar-

cha en sentido contrario y cierra un tanto la válvula.

La trasmision del movimiento es tal, que la llave se cierra del todo impidiendo el paso del vapor cuando la velocidad del motor llega á su límite superior y se abre del todo en el caso contrario.

La velocidad del regulador es de 25 á 67 vueltas por minuto y la regla que sirve para darle una determinada velocidad consiste en multiplicar la que tiene el volante en un minuto por el diámetro de la polea que se halla fija en su eje y dividir este producto por la que anima al eje del aparato en cuestion.

Ejemplo: Si el eje del volante de una máquina dá 20 vueltas por minuto, siendo el diámetro de la polea fija en él de 0,m45: cuál será el que corresponderá á la que lleva el regulador á fin que le comunique una velocidad de 40 vueltas por minuto?

$$D = \frac{20 \times 0,45}{40} = 0,^{m}225.$$

Puede el regulador considerarse como un péndulo simple, cuya longitud es igual á la distancia del punto de suspension al plano horizontal que pasa por el centro de las bolas, siendo la duracion de cada revolucion completa de las bolas equivalente á la de una oscilacion entera del péndulo.

La distancia vertical del punto de suspension del regulador al plano horizontal que pasa por el centro de las bolas se obtiene.

Dividiendo 89478, que es cantidad constante; por el cuadrado del número de vueltas que dán las bolas por minuto, y el resultado será la altura en cent.s del péndulo conico.

Ejemplo: Cuál será la altura vertical de un regulador

que dá 40 vueltas por minuto?

$$\overset{2}{40}=1600 \text{ y}\frac{89478}{6600}=56 \text{ cent.}^s$$

El ángulo que sus brazos forman con el eje es generalmente de 30º marchando con la mínima velocidad. Bajo este supuesto la longitud de los brazos ó por mejor decir la distancia de el punto de suspension á el centro de las bolas ó rádio del regulador se determinará:

Dividiendo el número 103320, que es constante, por el cuadrado del que esprese las vueltas que dé por minuto y el cuociente será la longitud buscada.

Ejemplo: Siendo el ángulo de los brazos de 30º y dando 40 vueltas por minuto, qué longitud tendrán los brazos?

$$\overset{2}{42}=1600 \text{ y}\frac{103320}{1600}=64,^c57.$$

Conocida la longitud de los brazos del regulador, el número de vueltas que deberá dar en un minuto bajo el ángulo de 30º se averiguará, dividiendo el número constante 103320, por la longitud dada y se estraerá la raiz cuadrada del cuociente.

Si fuese dicha longitud=64,c57, seria $\frac{\sqrt{103320}}{64,57}=40$ vueltas por minuto.

Potencia de las bolas: La fuerza centrífuga de un cuerpo cuyo peso se conoce, y que se mueve con una velocidad uniforme en un círculo determinado, se hallará del modo siguiente.

Multiplíquese el cuadrado del número que espresa las vueltas por minuto, por el diámetro del círculo descrito

por el centro de el cuerpo, divídase el producto por la constante 1789 y el cuociente indicará la fuerza centrífuga que anima á la unidad de peso del cuerpo dado; multiplicando pues este resultado por el peso total el producto manifestará la fuerza centrífuga ó total peso que el cuerpo puede levantar por efecto de ella.

Ejemplo: Qué peso podrán levantar las bolas de un regulador bajo las siguientes condiciones: ser el peso 10,k 60, la velocidad 40 vueltas por minuto y el círculo descrito por las bolas de 0,m448 de diámetro.

$$40^2 = 1600 \text{ y } \frac{1600 \times 0,^{m}448}{1789} = 0,^{k}400.$$

Y de aquí. 0,k 400×10, k 60=4,k 24, peso que por el que tienen las bolas y por la velocidad que las anima podrán levantar.

El peso de las bolas varia segun las resistencias que han de vencer como son los rozamientos de las articulaciones en el sistema de palancas, el del anillo sobre el eje, el peso de la válvula, el de la llave etc.

LECCION 6.ª

Volantes.

El uso de los volantes es indispensable en la mayor parte de las máquinas sean ó no de vapor: su objeto es acumular, á espensas de la potencia, la fuerza de impulsion que reciben, á fin de restituirla en el momento en que se necesite para regularizar la marcha.

En una máquina de vapor se vé desde luego que hay puntos muertos, (en los estremos del curso del piston) en que la fuerza sola del vapor sobre el piston no seria sufi-

ciente para arrastrarlo; pero la energia del volante ayuda entonces eficazmente á la potencia para que pueda vencer estos obstáculos. Asi pues el objeto principal del volante es regularizar la accion de la potencia, ya ayudando á esta á vencer los puntos muertos, ya equilibrando la desigualdad de carga. Por ejemplo, si el objeto es mover á un tiempo varias maquinas y que algunas de estas no funcionan por cualquier motivo, la velocidad del motor seria irregular, puesto que seria menor la suma de las resistencias parciales; pero el volante entonces compensa la diferencia.

El peso de los volantes se determina por medio de la fórmula de Poncelet. $P = \frac{4645 \times c \times N}{n \times v^2}$ en la que P es el peso del anillo del volante V la velocidad en su circunferencia media, n el número de vueltas del eje por minuto N la fuerza de la máquina y c un coeficiente variable segun la regularidad que se desée en la marcha.

Generalmente se hace $c=20$ ó bien 25 en las máquinas en cuya marcha no se exige mucha regularidad; 35 á 40 y 50 á 60 en las manufacturas de tejidos.

La fórmula precedente conduce á la regla siguiente:

Multiplíquese la constante 4645 por el coeficiente c y por la fuerza de la máquina; divídase el producto por el número de vueltas del eje en un minuto y tambien por el cuadrado de la velocidad en la circunferencia media del anillo y el cuociente será el peso del volante.

Ejemplo: Qué peso deberá darse á el volante de una máquina de vapor de doble efecto y de 30 caballos de fuerza dando el volante 25 vueltas por minuto, siendo su diámetro medio de 5,^{m}5?

Suponiendo que no se exige gran regularidad, será $c=20$.

La velocidad media del volante$=\dfrac{3,14\times5,5\times20}{60}=5,75$ y

$$P=\frac{4645\times20\times30}{25\times(5,75)^2}=3372^k$$ peso del anillo.

El peso de los rayos y cubo no entra para nada en los cálculos.

Si ahora se divide el peso 3372 del anillo por $7,^k2$ peso específico del hierro colado, el cuociente 468,3 decím.s cúbicos representará el volúmen total y dividiéndolo por la circunferencia media del volante 172,7 el cuociente 2,7 será la seccion en decímetros cuadrados, y si dicha seccion fuere un cuadrado, la raiz cuadrada de $2,7=1,^d8$ es el lado de la seccion del volante.

En las máquinas que tienen fiador, esto es, en las que trabaja el vapor por espansion, segun el grado de esta, se calcula que el peso del anillo del volante debe ser por cada caballo 200 ó 250^k

En las de baja presion el diámetro que se dá á el volante es igual á tres ó cuatro veces la longitud del curso del piston y su velocidad, hallándose montado en el mismo eje que la manivela, es de 6 á 7 métros por segundo. Tambien de lo dicho se deduce que la fuerza del volante crece como el cuadrado de su velocidad; por lo que cuando aquella debe ser muy considerable no se le coloca sobre el mismo eje que la manivela, si no que se le imprime una velocidad bastante rápida por medio de engranajés.

LECCION 7.ª

Cálculo del consumo de vapor y combustible.

Esto se determina multiplicando el volúmen del cilindro, si la máquina no tiene fiador, ó la parte de él en que obra el vapor sin espansion, si lo tuviese, por el espacio recorrido por el piston en una hora y luego por el peso del vapor.

Sea por ejemplo una máquina de 16 caballos con fiador á $\frac{1}{4}$ de espansion; pero sin condensador, trabajando á la presion de 5 atmósferas, cuyo piston tiene su curso de 1,^{m}10 dando 57,26 golpes simples por minuto y siendo el diámetro del cilindro 42 centímetros.

La superficie de este piston será$=0,785\times42^2=1385,^{cq}45$,

El volúmen del vapor$=1385,^{cq}45\times27,^{c}5=38,^{dc}120$ por cada golpe.

$38,^{dc}120\times57,26=2182,^{dc}75$ volúmen de vapor consumido en un minuto.

y $2182^{dc}75\times60=130965,^{lit.}$ por hora.

Cómo un métro cúbico de vapor á 5 atmósferas pesa $2,^{k}568$; y el peso total de él será por hora $130965^{lit.}\times0,^{k}002568=336^{k}$

El consumo de combustible se determina por el de vapor dividido por el poder para el calórico de un kilógramo de carbon de piedra.

Un kilógramo de este se sabe convierte en vapor 6^{k} de agua y asi en el ejemplo anterior será $\frac{336}{6}=56^{k}$, com-

bustible consumido y por cada caballo de fuerza $\frac{56}{16} =$ 3,k 5 pero siempre se deberá contar con 4k de carbon por caballo.

LECCION 8.ª

Freno de Prony.

La potencia exacta de las máquinas de vapor y ruedas hidráulicas se calcula generalmente por medio del freno de Prony.

Este aparato que se funda en el equilibrio entre el rozamiento y el peso que se ha de levantar, se reduce á fijar de un modo invariable y lo mas concéntricamente posible sobre el eje principal de la máquina una polea de hierro colado, dividida en dos partes que se unen con tornillos y tuercas, y en cuya acanaladura, fig. 72, se ajustan dos bridas *b*,*c* que se aprietan una contra otra segun se quiere por medio de pernos. La inferior *b* está unida á una gran palanca en cuyo estremo se coloca un platillo *d* para poner los pesos.

De antemano se sabe la fuerza para qué la máquina se ha construido y por tanto no hay mas que cargar el platillo con los pesos necesarios para que combinados con el brazo de la palanca, dé en kilogrametros un producto igual al de la potencia que se busca.

Colocado el aparato sobre la máquina preparada una disolucion de jabon y agua á fin de humedecer constantemente las superficies de contacto, equilibrado tambien el peso de modo que no haya mas que aumentar el que se ha de colocar en el platillo, se abre la bálvula del vapor

poniendo la máquina en movimiento. Cuando ha adquirido mayor velocidad de la nominal que se le ha asignado, se aprietan poco á poco las tuercas para que aumente el rozamiento de las bridas contra la polea, y á medida que esto se verifica la velocidad de la máquina disminuirá. Llegado este caso, se abre mas la llave del vapor para que adquiera la máquina de nuevo la velocidad que tenia, y en fin, al cabo de algunos instantes se verá que el rozamiento ha hecho elevarse á la palanca por cima de la línea horizontal y que la velocidad de la máquina es la que debe tener siempre. Entonces se vé que hay equilibrio entre la potencia y la carga que la palanca soporta., resultando de un modo terminante que la máquina tiene real y primitivamente la fuerza que se le asignó. Si se aumentan los pesos del platillo se tendrá la potencia máxima y si no fuese de la fuerza deseada, descargando poco á poco el platillo, se vendrá en conocimiento de la fuerza que le falta para llegar á la necesaria.

Cálculo del freno. Sabiendo la longitud que tiene el brazo de la palanca ó sea el rádio del freno, contado desde el centro del árbol hasta el punto de suspension de el platillo, se averiguará el peso que equilibrará la fuerza de la máquina. Multiplicando la fuerza nominal en caballos por 4500, dividiendo el producto por la circunferencia correspondiente á el brazo de palanca y por el número de vueltas que dá el arbol por minuto y el cuociente será el peso pedido.

Sea por ejemplo una máquina de vapor de 16 caballos con fiador á $\frac{1}{4}$, y cuyo árbol dá 30 vueltas por minuto siendo ademas el rádio de el freno de 3 métros.

$$P=\frac{16\times4500}{6,28\times3\times30}=127,^{k}4.$$

Tal es el peso neto que se deberá colocar en el platillo despues que de antemano se haya equilibrado el del freno por medio de otro platillo que obre en sentido inverso, ó bien colocado el freno suspendido por su centro de gravedad.

La potencia efectiva de la máquina al máximum se hallará por la regla siguiente: Multiplíquese la circunferencia que á el brazo de palanca corresponde por el número de vueltas del árbol en un minuto y por el peso colocado en el platillo y divídase luego el resultado por 4500, el cuociente será la potencia máxima.

Ejemplo: Supóngase que el árbol de una máquina dé treinta vueltas por minuto, que el rádio de la palanca sea =3 métros, el peso del platillo=127,^{k} 4; cuál será la fuerza máxima de la máquina?

$$F=\frac{6,28\times3^{m}\times30\times127,^{k}4}{4500}=16 \text{ caballos.}$$

La verificacion de potencia que por este aparato se ejecuta es muy ventajosa y racional, pues los diferentes coeficientes que generalmente se adoptan para el cálculo son nada mas que aproximaciones, y ya se ha visto que estos coeficientes varian de 0,40 á 0, 55.

APÉNDICE

DEL TRADUCTOR.

IDEAS GENERALES, DATOS Y NOTICIAS DIVERSAS.

Composicion de la atmósfera; presion atmosférica.

Dáse el nombre de *atmósfera* á la capa de aire que rodea al planeta que habitamos. El aire es un cuerpo compuesto de oxígeno y azoe, teniendo ademas en suspension segun el clima, la estacion y vientos reinantes, una cantidad de agua en estado de vapor y algun ácido carbónico que proviene de la respiracion de los animales y de la descomposicion de las sustancias orgánicas.

Esta atmósfera ó capa de aire por efecto de varias causas, reconoce un límite que se ha calculado ser de 50 á 60 kilómetros, pudiendo admitirse existe el vacío á los 100 kilómetros. El viso azulado que aparentemente se presenta á la vista del hombre, no es mas que el color que toma el aire reunido en grandes masas. Un litro de aire pesa 1,3 gramas, y por consiguiente el conjunto de la atmósfera debe ejercer en la superficie del-globo una presion considerable. Esta presion se mide por medio de el barómetro.

Este es un tubo de cristal lleno de mercurio cerrado herméticamente por uno de sus estremos mientras el otro

entra dentro de un depósito lleno tambien del mismo metal; se halla sugeto á una tablilla de madera en la que se graban las divisiones correspondientes á las presiones diversas de la atmósfera que mide exactamente.

Como los cambios de tiempo coinciden con las variaciones de la columna del barómetro sirve tambien para anunciarlos con alguna anticipacion.

Calórico, termómetros y pirometros. Se dá el nombre de *calórico* al agente que hace esperimentemos la sensacion del calor y la accion que ejerce sobre los cuerpos, es desarrollar en ellos una fuerza de disgregacion ó separacion. Por esto se dice que los cuerpos se dilatan con el calor, es decir, que adquieren un aumento en su volúmen. Los mas dilatables son los gases, luego los líquidos y los sólidos y entre estos últimos, con especialidad, los metales. Los cuerpos sólidos sufren la dilatacion lineal, esto es, segun una dimension y la cúbica que se verifica en todo su volúmen. Segun las esperiencias consta que las dilataciones lineales de los metales de 0° á 100° son las siguientes:

Zinc.	0,m00285
Plomo.	0,00217
Estaño.	000191
Cobre.	0,00172
Laton.	0,00188
Acero templado.	0,00126
Hierro forjado.	0,00122
Acero sin templar.	0,00108
Plata.	0,00191
Oro de aligacion.	000147

Las dilataciones superficiales se espresan con números dobles y las cúbicas por números triples.

Los termómetros son unos instrumentos adecuados para medir las temperaturas y se fundan en la antedicha di-

latacion. Los mas usuales son el de Reaumur dividido en 80 grados, y el centígrado que está dividido en 100º, correspondiendo 1 grado Reaumur á 1,25 del centígrado. La division cero corresponde al hielo fundente y los 100º al calor del agua hirviendo.

Para temperaturas muy elevadas se usan los pirometros, aunque todavia no hay ninguna que mida exactamente dichas temperaturas. El mas conocido es el de Wedgwood y se funda en la propiedad que tiene la arcilla de contraerse ó perder algo de su volúmen por el calor. Se compone de un pequeño cilindro de arcilla un poco aplastado por un lado y cocido á la temperatura del calor rojo y de una canal convergente de 6 líneas y media de abertura por un estremo y de 4 por el opuesto, formada sobre una plancha de metal que lleva á derecha é izquierda 240 divisiones ó grados. Para usar este instrumento se echa en el baño del metal por ejemplo, cuya temperatura se quiere averiguar, el cilindro de arcilla y cuando aquel se ha fundido se saca y coloca en la canal del instrumento, marcando en su avance por él los grados que necesitó el metal en cuestion para fundirse: un grado del pirometro corresponde á 72 centígrados.

Grados de temperatura de la fusion. El platino, cal, silice y porcelana dura no se funden sino muy difícilmente, el hierro, cobre, yeso de 160º á 180º del pirometro; el zinc, antimonio y otros á 430º ó 350 del centígrado, el plomo á 260, el bismuto á 238, el estaño á 213 y el mercurio á 38º bajo cero.

Pesos específicos. Por peso específico de un cuerpo sólido ó líquido se entiende el número que espresa cuántos en igualdad de volúmen, pesa mas un cuerpo que el agua destilada y á 4º gradros de temperatura. Para hallarlo basta el buscar el peso del cuerpo y luego el volúmen igual

de agua. Se ejecuta en una balanza llamada hidrostática que tiene en uno de sus platillos por la parte inferior un gancho para suspender de el cuerpo, cuyo peso específico se busca.

En ella se hallará primero el peso del cuerpo en el aire y luego en el agua, y la pérdida de peso que esperimente es el de un volúmen igual de agua, se dividirá luego el peso hallado en el aire por el que perdió en el agua y el cuociente es el peso específico. Bajo estos supuestos se ha hallado los pesos de los siguientes sólidos á cero grados.

Platino.	22,069
Oro forjado.	20,337
Idem fundido.	19,362
Plomo fundido.	19,258
Plata.	10,474
Cobre pasado por la hilera.	8,878
Cobre fundido.	8,788
Laton.	8,383
Acero sin templar.	7,816
Hierro forjado.	7,788
Idem fundido.	7,207
Estaño.	7,291
Zinc.	6,861
Antimonio.	6,712
Diamante.	3,531

Por medio de esta tabla se hallará el peso de un cuerpo multiplicando su volúmen por su peso específico y por 1000 kil.[s] peso de un métro cúbico de agua.

Hierro. Recibe este metal distintas denominaciones que todas pueden reducirse á dos y son HIERRO DULCE Y HIERRO AGRIO, pudiendo en ambos casos ser DURO Y BLANDO. El hierro dulce se dobla en frio y en caliente en

todas direcciones sin romperse; si es duro, conserva aunque se le bata por mucho tiempo, su testura granular de grano muy fino y tiene mas tenacidad que el blando. Este pierde al batirse su grano y se hace fibroso con facilidad: cede al efecto del martillo en frio y en caliente. El HIERRO AGRIO es quebradizo en frio y en caliente, se forja mal por efecto de una mala afinacion ó de un esceso de carbono ó sea carbon puro, si es duro, ó de la silice ó de haberse requemado, si es blando. Cuando es duro y contiene fósforo será quebradizo en frio aunque muy ductil en caliente, razon por la que se le dá el nombre de hierro tierno; y si siendo duro tiene azufre, será quebradizo y difícil de trabajar en caliente porque se rompe al llegar al calor rojo; aunque si es mucho el azufre será quebradizo en frio. Ademas el hierro blando no resiste grandes choques ni á pesos considerables.

El hierro forjado que se espende en el comercio es en *plancha* gruesa, *planchuela*, *cellar*, *pipero* y *chapa* ó *lata*; en *cavilla* y alambre y en *cuadrejon cuadradillo* y *berguilla*. Todas estas clases se reducen á tres, que son. *planchuela* cuando es chata ó tiene la forma de tabla, *cuadradillo* si es cuadrado y *cavilla* si es redondo.

PRUEBA QUE DEBE SUFRIR. Segun la esperiencia se debe juzgar de la calidad del hierro por su testura mas bien que por la facilidad de su rotura, que muchas veces es debida á causas accidentales; pero si á su tejido se une la dificultad de romperlo puede reputarse como muy tenaz. Si el hierro que se prueba es delgado, basta cogerlo por un estremo, y levantándolo en alto sacudir un fuerte golpe sobre un caballéte de hierro, hasta que se doble ó rompa; si se dobla se golpea en sentido inverso para enderezarlo; si se rompe por el punto de choque ó resiste bien es de

buena calidad; si se rompe por mas de dos puntos es ágrio y malo.

Cuando las barras son gruesas se cortarán sus dos estremos haciéndoles una incision superficial con una tajadera en direccion perpendicular á su longitud y se acaban de romper golpeándolas con el mazo por la cara opuesta á la incision, contra una arista de la mesa del yunque. Si cuesta mucho el tronchar la plancha y al ejecutarlo presenta un nervio prolongado, y grís argentino mezclado de un grano muy igual con puntas ganchudas, gozará de mucha tenacidad; si el nervio es muy largo puede ser quebradizo en caliente por lo que debe probarse batiéndolo á un calor luminoso, soldándolo con otro de la misma clase y abriéndole un taladro ú ojo; sin embargo este hierro es muy tenaz en frio por lo que es escelente siempre que se deje trabajar; si el nervio es corto y oscuro ó pizarroso, es ágrio ó tierno y se deberán someter las barras á nuevas caldas y batido.

Acero. El acero es un carburo de hierro compuesto de carbon puro ó carbono y hierro. Su testura es de grano fino y fractura unida, su color blanco argentino presentando á veces una corona de color amarillento ó rojizo, llamándose entonces acero *coronado:* si los granos son gruesos y muy azules ó tienen filamentos nerviosos, es de mala calidad. En el comercio se distinguen cuatro clases: el acero *natural*, *el forjado*, *de cementacion* y *fundido*, y se derivan unos de otros. El natural obtenido directamente de los minerales. El forjado ó aleman, de la afinacion del anterior. El de cementacion cementando ó aumentando el carbono que contiene el forjado, y el fundido de la fundicion de uno de los anteriores.

Temple del acero. Una de las mejores propiedades del acero es la dureza y elasticidad mucho mayores que

las del hierro, y las adquiere por el temple. Esta operacion consiste á elevar su temperatura y sumergirlo rápidamente en el agua. Por ella adquiere mayor volúmen, brillo, dureza y fragilidad, mayor firmeza y pureza en su grano. El grado de calor mas conveniente para el temple, y solo un ojo esperimentado puede calcularlo, son: el *rojo higado*, el *rojo cereza*, el *rojo rosa* y el *rojo blanco* de los cuales los mas usados son el cereza y rosa, á no ser que el acero sea muy duro que se emplea el primero, ó muy blando que se emplea el último. Como es imposible graduar los efectos del primer temple, se deben mitigar hasta dejarlo tal cual debe ser por medio del *recocido*. Este se determina por los colores que va adquiriendo segun la temperatura como se vé en la tabla siguiente:

Colores	PAJIZO.	AMARILLO DE ORO.	PARDO.	PURPURA	AZUL CLARO	AZUL SUBIDO.	AZUL OSCURO.
Grados de calor.	220.	240.	255.	265.	285.	295.	315
Propiedades	DURO.	CORTA FÁCILMENTE EL HIERRO COLADO.	A PROPÓSITO PARA CORTAR EL HIERRO FORJADO.			HERRAMIENTAS PARA MADERA.	BLANDO COMO HIERRO

Tambien se usan para templar el acero los ácidos, el plomo ó estaño fundido, el mercurio y otros varios que cada maestro encomia segun la práctica y conocimientos que de ellos tiene: pero sea cualquiera el cuerpo que se destine al temple del acero, debe caldearse este rápidamente, calentando mas las partes gruesas que las delgadas y cuidando que las caldas no sean muy fuertes. Para el recocido se cubre con sebo la pieza antes de ponerla al calor; si debe ser débil, se caldea hasta que el sebo despida un poco de humo ó adquiera uno de los primeros colores enunciados; para el mediano, hasta que el humo sea abundante, ó se colore de pardo, púrpura ó azul claro, y para el fuerte hasta que el sebo se inflame ó tome el acero el color azul indigo ú oscuro.

Reconocimiento del acero. Aunque en cada taller se reconoce de distinto modo deberá tenerse presente que se debe desechar el que manifieste muchas grietas y tenga sus bordes quebrados así como tambien si tiene ojas ó pajas ó se halle *herrumbrado* ó quemado; despues de esto se introducirá en el fuego aislándolo con cuidado para ver si se trabaja bien, y si es ágrio antes de templarlo: se observará su testura, se templará y harán pruebas de comparacion.

Aligaciones. Los principales se hallan á continuacion. Dividiendo en cinco clases los mas usuales, y son:

Metales quebradizos: antimonio, arsénico y bismuto: Metal intermedio, zinc.

Id. ductiles. . . . . Hierro, oro cobre y plata.
Id. blandos. . . . . Plomo y estaño.
Id. líquidos. . . . . Mercúrio.

Los metales quebradizos dan dureza pero hacen quebradiza la aligacion.

Los ductiles generalmente aumentan la tenacidad.

Los blandos aumentan la fusibilidad y tenacidad.

El metal líquido ó sea el mercurio, solo se emplea para hacer fusibles algunas aligaciones á una temperatura muy baja.

Plancha de hierro y hoja de lata. Las planchas de hierro se fabrican con una máquina llamada laminador; deben ser de hierro dulce y nervioso, de superficie tersa, color azulado, iguales espesores y elásticas y plegada con un mazo no debe indicar rotura en el esterior de cada pliegue.

Las de acero se fabrican lo mismo. Las hojas ó planchas que solo pesan 7 kilóg.s el métro cuadrado se llaman finas.

La hoja de lata es de dos clases, la brillante y la mate. La primera se estaña con estaño puro, y la segunda con estaño y plomo en la proporcion de $\frac{1}{2}$ á $\frac{1}{3}$ Su superficie debe ser tersa sin rayas, vejiguillas ni manchas.

Limas y escofinas. Se fabrican con acero y son de diferentes dimensiones y figuras. Las limas comunes son hechas con acero de cementacion. Las inglesas con acero fundido; las escofinas son de acero comun. Se debe mirar en ellas, si son rectas, si no tienen pajas ni grietas con sus hendiduras regulares y dientes limpios. Deben morder en un pedazo de acero de cementacion recocido al rojo y no limar cuando al trabajar con ellas se retiran hácia atrás. Ademas para mayor segurinad se deben probar, quebrando algunas trabajando su acero en la forja y haciendo en fin, con él algun instrumento cortante. Segun la figura que tienen se dice que son *triangulares* ó de seccion triangular. *Tablas*, rectangular *limatones*, circular *cuadrada* cuadrada. *Lima-cuchilla* triángulo isoiceles de muy poca base.

Entre las escofinas no suele haber mas que tablas y me-

dias cañas. Segun la finura de su tallado toman ótros nombres.

Hierro colado. Sus cualidades son muy variables; se distinguen principalmente dos clases, la *fundicion gris* y la *fundicion blanca*. La primera es mas dulce y tenaz que la otra; se lima, tornea y taladra fácilmente. El color de su fractura es gris mas ó menos claro, su grano debe ser grueso y no brillante. La segunda es ágria: se lima, tornea y taladra con dificultad. Su fractura es laminosa ó granular de color blanco plateado ó gris ceniza.

Noticias varias. Un hombre sin llevar peso alguno puede recorrer 50 métros por minuto, dando 76 pasos en dicho tiempo.

En terreno horizontal puede marchar durante $8\frac{1}{2}$ horas al dia.

Un caballo al paso emplea $4\frac{1}{2}$ minutos en recorrer 400 métros, dos minutos si marcha al trote y un minuto al galope.

La velocidad de la luz es de 80000 leguas por segundo y la del sonido de 337 métros aumentando ó disminuyendo con la temperatura.

La del viento es ordinariamente 10 métros por segundo.

La Relacion entre la circunferencia y el diámetro es $\frac{22}{7}$ $=\frac{355}{113}=3{,}1415926$.

La superficie del triángulo igual al producto de la mitad de la base por la altura.

Idem de un trapecio; semisuma de las bases por la altura.

Idem de un cuadrilátero; suma de la de dos triángulos en que se pueden dividir por medio de una diagonal.

Idem de un cono: el producto de la relacion entre su circunferencia y diámetro multiplicada por el rádio y por el lado.

Idem de los cilindros ó prismas rectos producto del perimetro de su base por la altura.

Volúmen de cilindros y primas producto de la superficie de la base por la altura.

Idem de pirámides y conos producto de la base por el tercio de la altura.

Tabla de algunos números, sus cuadrados, cubos, raices cuadradas y cúbicas, circunferencias y superficies del círculo y volúmen de esferas.

NUMERO Ó DIÁMETRO D.	D^2.	$\sqrt{D}$.	D^3.	$\sqrt[3]{D}$.	CIRCUNFEREN-CIAS. $3{,}1415 \times D$	SUPERFICIE DE LOS CIRCULOS. $\frac{1}{4}$ de $3{,}141 \times D^2$	VOLUMENES DE LAS ESFERAS. $\frac{1}{6}$ de $3{,}14159 \times D^3$
1	1	1,00	1	1,00	3,14	0,78	0,5236
2	4	1,41	8	1,26	6,28	3,14	4,1888
3	9	1,75	27	1,44	9,42	7,06	14,1372
4	16	2,00	64	1,58	12,56	12,56	33,5104
5	25	2,23	125	1,71	15,71	19,62	65,4500
6	36	2,45	346	1,81	16,85	28,27	128,8056
7	49	2,64	343	1,98	22,00	38,48	119,5948
8	64	2,82	512	2,00	25,13	50,26	268,0832
9	81	3,00	729	2,08	28,27	63,61	381,7044
10	100	3,16	1000	2,15	31,41	78,54	523,5986
11	121	3,31	1331	2,22	34,55	95,03	696,9116
12	144	3,46	1728	2,29	37,70	113,09	904,7808
13	169	3,60	2197	2,35	40,84	132,73	1150,3492
14	196	3,74	2744	2,41	43,98	153,94	1436,7584
15	225	3,87	3375	2,46	47,12	176,71	1767,1500
16	256	4,00	4096	2,52	50,26	201,06	2144,6656
17	289	4,12	4913	2,57	53,40	226,98	2572,4468

Tabla de algunos números, sus cuadrados, cubos, raices cuadradas y cúbicas, circunferencias y superficies del círculo y volúmen de esferas.

NUMERO Ó DIÁMETRO $D.$	$D.$	$\sqrt{D.}$	$D.^3$	$\sqrt[3]{D.}$	CIRCUNFEREN-CIAS. $3,1415 \times D$	SUPERFICIE DE LOS CIRCULOS. $\frac{1}{4}$ de $3,141 \times D^2$	VOLUMENES DE LAS ESFERAS. $\frac{1}{6}$ de $3,14159 \times D^3$
18	324	4,24	5832	2,62	56,55	254,47	3053,6352
19	361	4,36	6859	2,67	59,69	283,53	3591,3724
20	400	4,47	8000	2,71	62,83	314,16	4188,8000
21	441	4,58	9261	2,76	65,97	346,36	4849,0596
22	484	4,69	10648	2,8	69,11	380,13	5575,2928
23	529	4,79	12167	2,8	72,25	415,47	6370,6412
24	576	4,90	13824	2,8	75,40	452,39	7238,2464
25	625	5,00	15625	2,9	78,54	490,87	8181,2500

FIN.

ÍNDICE.

CAPÍTULO I.

CAPÍTULO II.

CAPÍTULOIII.

CAPÍTULO IV.

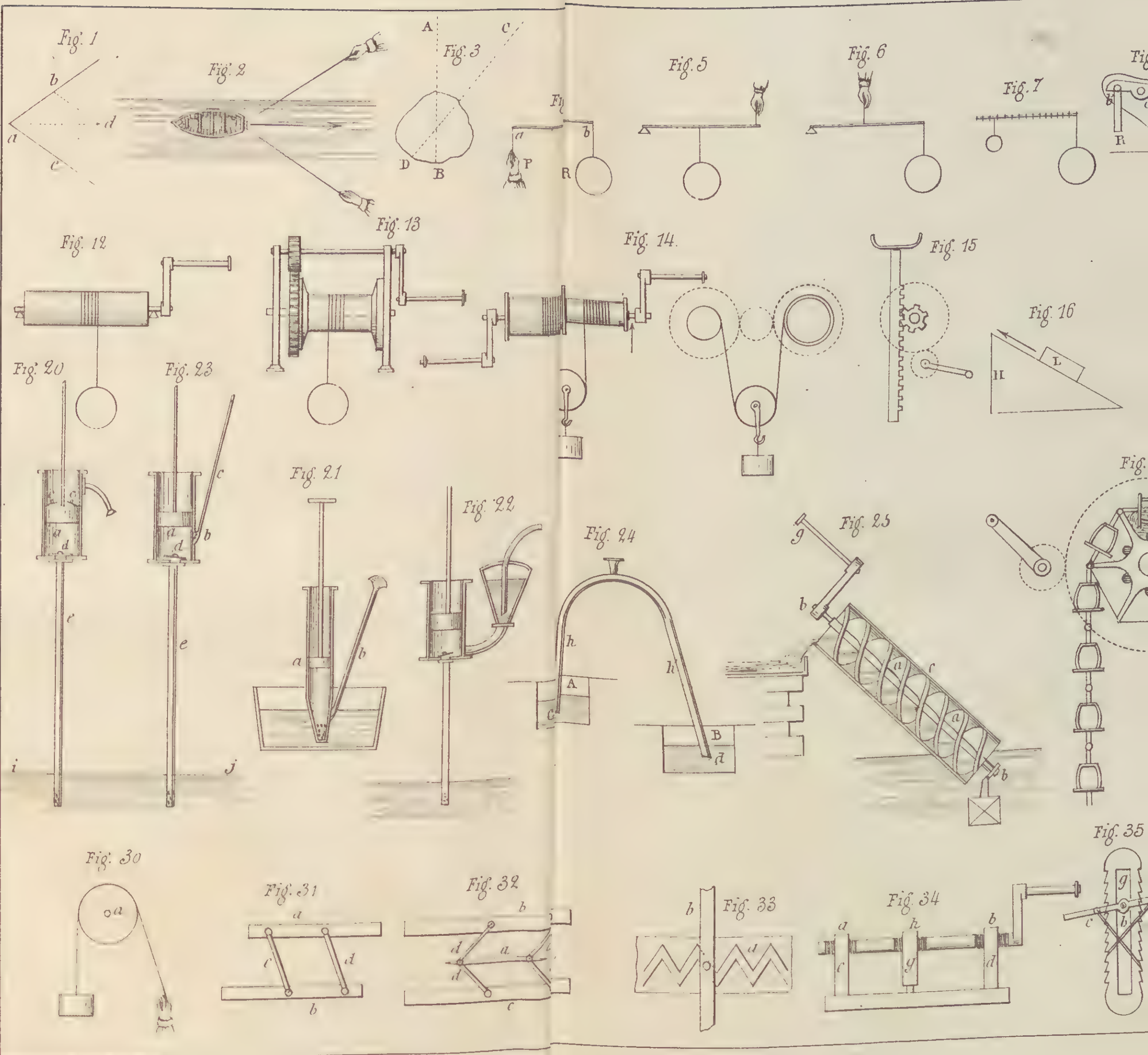
CAPÍTULO V.

CAPÍTULO VI.

APÉNDICE.

ERRATAS.

Páginas.	Líneas.	Dice.	Debe decir.
1	6	emprenden	comprenden
33	22	apropiada	apropiarla
46	19	artículas	articulados
52	1	y rechazado	y es rechazado
65	9	como	con
67	14	rictes	rectos
79	15	diénte mas, el	diente mas el
88	9	lazo	caso
99	26	apoyado	apoyada
100	Las raices del cálculo de esta página deben ser cúbicas.		
101	id.	id.	
102	id.	id.	
113	32	5	E
Id.	10	porque	para que
Id.	24	$D(n\ 11)\times 3$	$D(n\text{-}1)+3$
115	13	calificacion	calefaccion
119	16	de	ó
123	22	antes de la regularidad	es notable
124	7	1050	105°
125	23	despues de puede	*añádase* ser
Id.	25	penden	será de
144	5	cualidad	cantidad


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14.
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 20
Fig. 23
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33
Fig. 34
Fig. 35

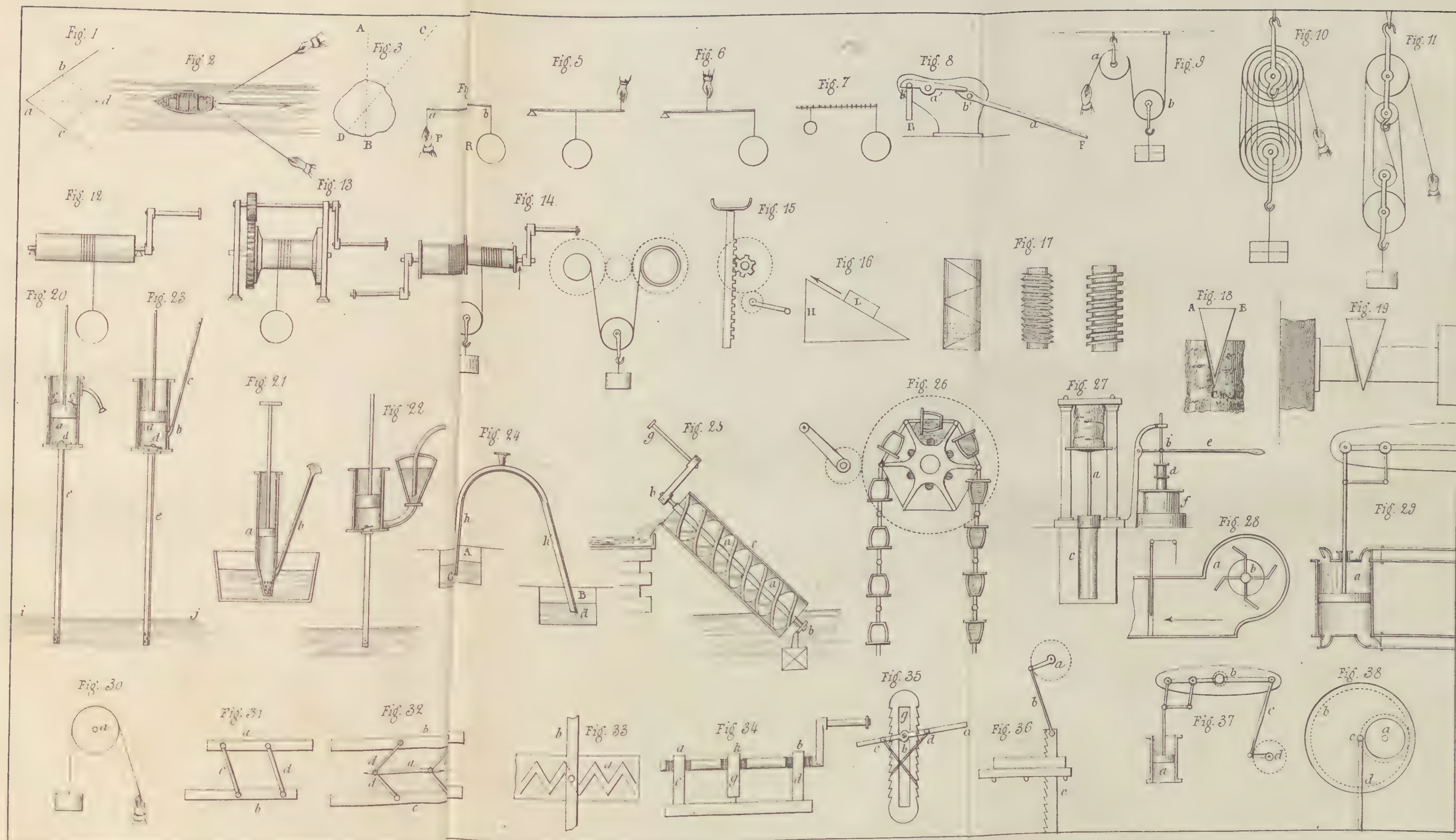
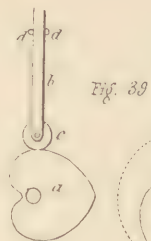
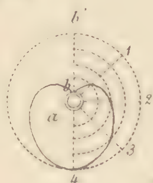
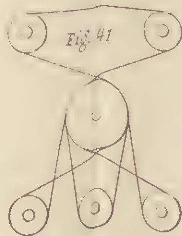
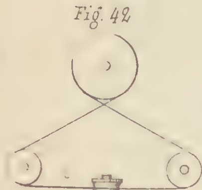


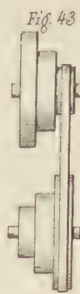
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33
Fig. 34
Fig. 35
Fig. 36
Fig. 37
Fig. 38

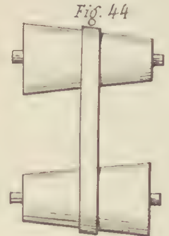

Fig. 39

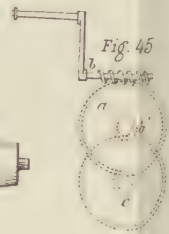


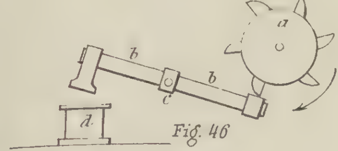

Fig. 41

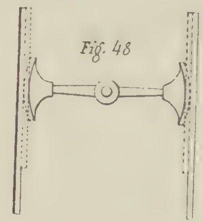

Fig. 42

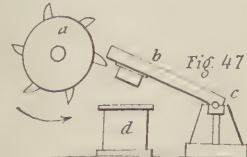

Fig. 43

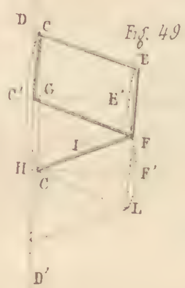

Fig. 44

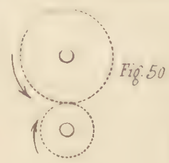

Fig. 45

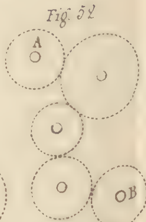

Fig. 46


Fig. 48


Fig. 47


Fig. 49


Fig. 50


Fig. 52

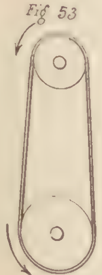
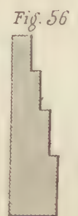
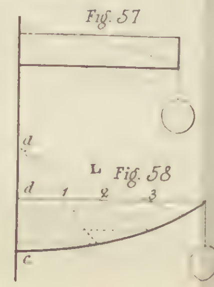
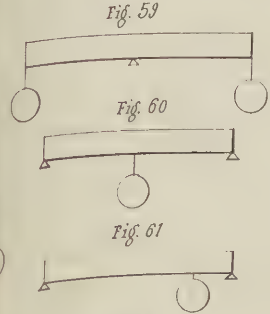

Fig. 53

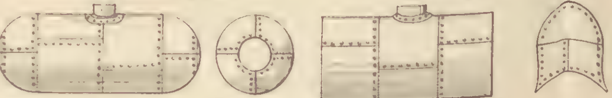

Fig. 54

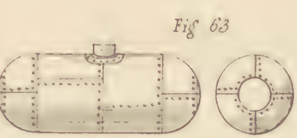

Fig. 55

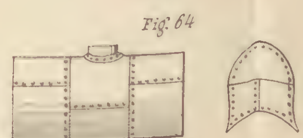

Fig. 56

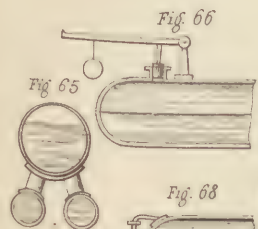

Fig. 57
Fig. 58

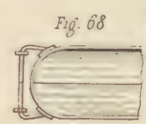

Fig. 59
Fig. 60
Fig. 61




Fig. 63


Fig. 64


Fig. 66


Fig. 68

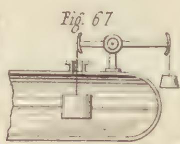
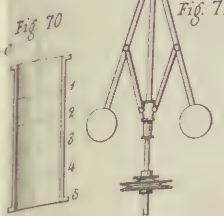

Fig. 67


Fig. 69


Fig. 70

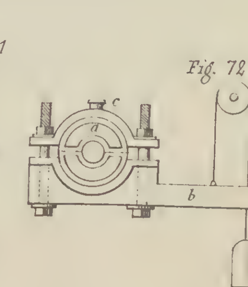

Fig. 71


Fig. 72

MECANICA
PRACTICA